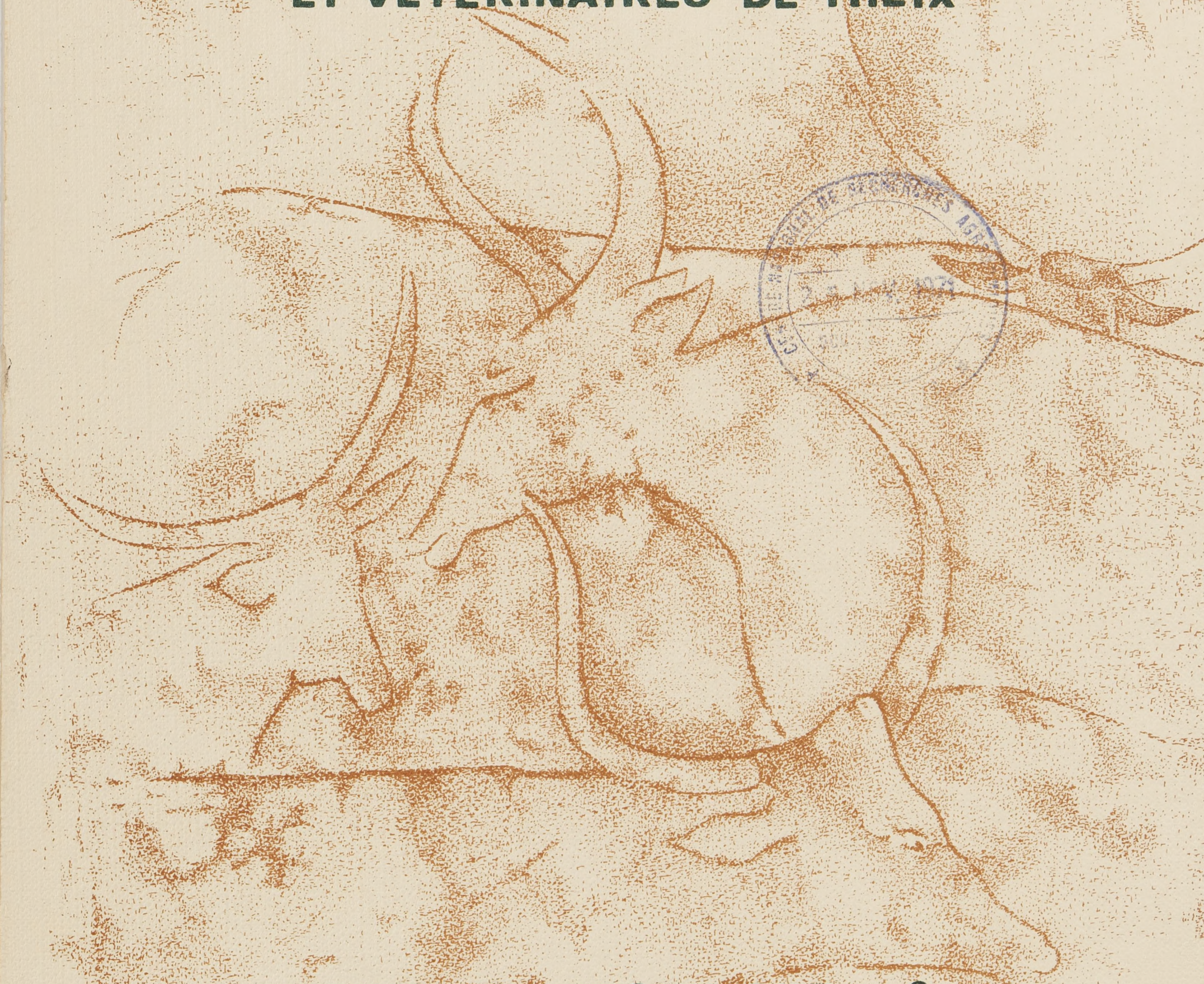
P. 1497

INRA

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES ET VETERINAIRES DE THEIX



BULLETIN TECHNIQUE n°3

(TRIMESTRIEL)

MARS 1971

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES

ET VETERINAIRES DE THEIX

BULLETIN TECHNIQUE n°3

C.R.Z.V.
63-SAINT GENÈS CHAMPANELLE-
Tél. (73) 92-24-53

BTT-3

Editions S.E.I.
C.N.R.A. - VERSAILLES

MARS 1971

SOMMAIRE

PAGE

JOURNEES D'ETUDE SUR LES DIARRHEES DU VEAU NOUVEAU-NE 5

SESSION « Production du Maigre » 7

ASPECTS PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DE LA MYOPATHIE EXSUDATIVE ET DEPIGMENTAIRE DU PORC

J. CHARPENTIER - R. GOUTEFONGEA 9

CONSEQUENCES DE L'INTENSIFICATION FOURRAGERE SUR LA COUVERTURE DES BESOINS EN OLIGO-ELEMENTS DES RUMINANTS PAR LES FOURRAGES

Simone PERIGAUD 23

INFLUENCE DU MODE DE CONSERVATION DU MAIS GRAIN SUR SON UTILISATION POUR L'ENGRAISSEMENT DES TAURILLONS

Y. GEAY - G. LIENARD 33

ETUDE ECONOMIQUE DU SYSTEME D'ELEVAGE TRADITIONNEL EN RACE SALERS

G. LIENARD - G. GINESTE - D. DEUDON 43

TITRES ET SOMMAIRE D'ARTICLES DE CHERCHEURS DU C.R.Z.V. de THEIX 59

JOURNEES D'ETUDE SUR LES DIARRHEES DU VEAU NOUVEAU-NE

Theix, 13-14-15 octobre 1970

THEME : La diarrhée des veaux nouveau-nés : maladie infectieuse ou (et) métabolique

ŞŞŞŞŞ

Trois journées d'étude sur le problème de la diarrhée du veau nouveau-né ont été organisées par la station de Physiopathologie de la Nutrition, au Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix, dans le cadre de l'I.N.R.A.

Plus de 150 personnes ont participé **avec assiduité** aux travaux de cette réunion : médecins, chercheurs, enseignants, ingénieurs de l'I.T.E.B., des C.E.T.A., et des Firmes de l'Industrie pharmaceutique vétérinaire comme de l'alimentation animale. Pour la première fois, dans le cadre de l'I.N.R.A., la profession vétérinaire était représentée de façon importante : une soixantaine de vétérinaires ont pu débattre de ce problème qui constitue une de leurs préoccupations majeures.

Les auteurs des 24 exposés étaient pour la plupart des chercheurs (I.N.R.A., Faculté de Médecine, Ecoles Vétérinaires) et aussi des vétérinaires praticiens ainsi que des ingénieurs des Instituts Techniques. Le brillant exposé de M. le Pr. SCHOENAERS (Faculté de Médecine Vétérinaire, Cureghem - BRUXELLES) a été particulièrement remarqué et a donné lieu à une discussion du plus haut intérêt. Les remarquables interventions de M. le Pr. CLUZEL, M. le Pr. agrégé RAYNAUD et M. le Pr. agrégé BAGUET sur la pathologie digestive dans l'espèce humaine (choléra et diarrhée du nourrisson) ont suscité de la part de l'auditoire un flux abondant de questions démontrant, s'il était nécessaire, la nécessité d'une confrontation d'idées entre personnes d'origines différentes toutes à la recherche de la vérité.

Il est évidemment difficile de résumer l'ensemble des exposés, très denses, dont beaucoup font état de travaux en cours. Par ailleurs, un compte rendu détaillé de ces journées sera publié ultérieurement par l'I.N.R.A. (La diffusion en est prévue pour juillet 1971).

D'une façon succinte, on peut tirer de ce colloque les conclusions suivantes :

L'échange d'information a été très fructueux, compte tenu de la diversité des apports. Le développement de la collaboration entre la recherche et les professionnels doit s'intensifier, ce qui suppose un langage commum et notamment une méthodologie appropriée à définir.

La diarrhée des veaux constitue encore un réel problème malgré les possibilités de prévention et de thérapeutique qui sont apparues au cours de ce colloque : vêlages à l'extérieur, vaccination des mères, réhydratation précoce et adéquate, antibiothérapie.

.../...

En fait, il existe non pas une mais des diarrhées : septicémie du nouveau-né d'origine colibacillaire et justiciable d'une vaccination efficace ; diarrhée du jeune veau à l'étable dont l'étiologie infectieuse est beaucoup plus discutable ; diarrhée du veau de batterie et enfin diarrhée alimentaire qui apparaît plus comme un trouble digestif sans gravité que comme une veritable maladie.

Pour ces différents symptômes il existe une prophylaxie et une thérapeutique appropriées.

SESSION « PRODUCTION DU MAIGRE »

ŝŝŝŝŝ

A l'initiative du service « Formation » de l'I.T.E.B., trois journées d'études sur la « Production du Maigre » se sont tenues à THEIX du 3 au 5 Novembre 1970.

Cette session placée sous la responsabilité technique du service Production du Maigre de l'I.T.E.B. (regroupant à THEIX 4 ingénieurs) et de l'I.N.R.A. a réuni une trentaine de responsables professionnels, représentants des Etablissements Départementaux de l'Elevage, des Chambres d'Agriculture de l'I.N.R.A, des C.E.R.A.F.E.R.....

Les différentes interventions ont eu pour objet de faire une mise au point des connaissances actuelles concernant la production d'animaux maigres et de présenter les réalisations existantes s'y rapportant.

Monsieur PETIT (I.N.R.A. THEIX) lors de sa première intervention a fait un tour d'horizon vaste et précis des problèmes posés par l'alimentation et la conduite des troupeaux de vaches allaitantes à l'aide des données fournies par la bibliographie française et étrangère et des observations qu'il a pu réaliser dans les domaines expérimentaux de LAQUEUILLE (Puy de Dôme) et MARCENAT (Cantal). Au cours de son deuxième exposé, il a présenté les problèmes se rapportant à l'allaitement de 2 ou plusieurs veaux par vache et les résultats obtenus sur les troupeaux expérimentaux dont il dispose (production laitière et courbe de lactation des vaches allaitantes et des vaches laitières traites, croissance des veaux...) Monsieur TARTIERE (C.E.R.A.F.E.R. Auvergne) a illustré et complété cet exposé en commentant les résultats obtenus dans le Cantal sur des exploitations pratiquant la technique de l'allaitement de deux veaux par vache sur leur cheptel Salers.

Monsieur DIXMERIAT (C.E.R.A.F.E.R. Auvergne) a exposé et commenté les résultats d'une étude très précise, conduite dans la zone Limousine, sur la pratique de l'hivernage en plein air. Il en a présenté les avantages et les inconvénients constatés sur des critères zootechniques et agronomiques.

Après avoir développé de façon générale les problèmes et les bases théoriques de l'utilisation de l'urée dans l'alimentation des ruminants, Monsieur CROSSET-PERROTIN (S.C.P.A.) a présenté les possibilités de valorisation des fourrages pauvres (foin de mauvaise qualité ou paille) par l'adjonction d'urée et de leur intérêt dans l'alimentation hivernale d'un troupeau de vaches allaitantes.

Monsieur MATRAY a commenté les principaux résultats d'une étude menée depuis 3 ans dans le Cantal et le Nord-Aveyron comparant les qualités d'élevage des femelles de race pure (Salers et Aubrac) et croisées Charolais. Il a montré que les femelles croisées utilisées comme reproductrices semblent donner d'aussi bons résultats que celles de race pure. Elles sont légèrement plus lourdes et perdent un peu moins de poids pendant l'hiver que leurs contemporaines de race pure. La production laitière des femelles des deux types génétiques est comparable pendant la période hivernale. Les deux types de vaches semblent vêler avec la même facilité.

Monsieur CHUPIN (C.R.V.Z. Nouzilly) a présenté les différents aspects de la maîtrise de la reproduction chez les bovins en traitant des possibilités de synchronisation des chaleurs et de naissances gémellaires. A l'aide des résultats obtenus sur les troupeaux expérimentaux dont il dispose, il a indiqué les difficultés rencontrées pour l'utilisation de ces traitements hormonaux sur des animaux de différents âges et races et a précisé le taux de réussite de chacun de ces traitements.

Monsieur BROCHART (I.N.R.A. THEIX) a traité de la lutte contre la mortalité des veaux en exposant les conclusions des journées qui se sont tenues récemment à THEIX sur le thème « Diarrhée du veau nouveau-né, maladie infectieuse ou (et) métabolique ».

Monsieur LIENARD (I.N.R.A. THEIX) a introduit des préoccupations économiques par la présentation des modèles de production du maigre qu'il a réalisés sur la zone d'Aubrac.

Monsieur LESTOILLE (F.N.C.B.V.) a présenté, pour terminer cette série d'entretiens, les différentes aides financières actuellement proposées en dissociant les interventions de la C.E.E., de la Relance Bovine, de celles du F.O.R.M.A. Il a précisé le niveau et les modalités de distribution de ces aides en les replaçant dans le contexte de la politique générale du F.O.R.M.A.

Cette prise de contact a permis, pour la première fois, de faire une mise au point sur le problème de la production d'animaux maigres et d'amorcer des relations avec les organismes départementaux intéressés.

ASPECTS PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DE LA MYOPATHIE EXSUDATIVE ET DEPIGMENTAIRE DU PORC

J. CHARPENTIER et R. GOUTEFONGEA

Station de Recherches sur la Viande
Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires
THEIX - 63 - Saint-Genès-Champanelle

ƸƸƸƸƸ

HISTORIQUE

Bien que l'existence de porcs à « chairs flasques, pâles, décolorées » (BOURRIER, 1897) ait été signalée depuis fort longtemps dans la littérature, il semble que l'affection connue maintenant sous le nom de myopathie exsudative et dépigmentaire (Waltery pork, Pale, soft and exsudative condition) ait pris une grande importance surtout au cours des 25 dernières années ; les dangers de ce phénomène et de son extension ont été rapidement jugés graves, en particulier dans les pays où la production porcine est un facteur important de l'économie agricole, par exemple le Danemark et on ne s'étonne donc pas de voir que le premier chercheur à s'intéresser à ce problème ait été un Danois, LUDVIGSEN, qui publia à partir de 1954 les résultats de travaux menés dès 1948, et émit un certain nombre d'hypothèses tendant à expliquer le déterminisme de cette affection.

Aspect hormonal

Les principales observations de LUDVIGSEN (1954, 1955 a, b, c,) peuvent se résumer comme suit :

- L'examen de l'animal vivant ne permet pas de diagnostiquer l'affection,

- La chute du pH musculaire après la mort est anormalement rapide chez les animaux atteints (observation du pH de 5,2 à 5,4 dans le *Longissimus Dorsi*, 40 minutes après l'abattage contre 6,3 à 6,4 chez des individus normaux),

- La température musculaire s'élève jusqu'à 44 à 45° dans les quelques minutes suivant la mort,

- Au niveau du sang, la teneur en potassium sérique est anormalement élevée, alors que la teneur en sodium est abaissée,

- Une série de faits tendent à montrer que les animaux atteints possèdent un hypofonctionnement thyroïdien :

. la fréquence de l'affection est plus élevée en été, période où l'activité de la thyroïde est habituellement plus faible ; cette fréquence est plus faible en hiver, alors que l'activité thyroïdienne est plus intense;

. la teneur en iode de la thyroïde est plus faible chez les animaux atteints;

. les produits thyroïdostatiques, comme le methylthio uracyl permettent de reproduire expérimentalement l'affection;

. la caséine iodée permet de remédier aux désordres musculaires causés par l'affection.

- La teneur de l'hypophyse en ACTH est inférieure chez les individus atteints.

Ces différentes observations permettent à LUDVIGSEN de formuler l'hypothèse d'un déséquilibre hormonal, concernant particulièrement les axes hypophyso thyroïdien et hypophyso surrénalien, entraînant un affaiblissement des réactions de défense de l'organisme. Simultanément, la déficience cortico-surrénalienne favoriserait un manque d'oxygène au niveau tissulaire, entraînant un métabolisme orienté vers l'anaérobiose avec formation rapide d'acide lactique mal évacué et se manifestant par la chute rapide du pH.

En outre, ayant établi que les thyroïdostatiques qui favorisent le développement de l'affection entraînent une croissance rapide, accompagnée d'un indice de consommation faible, et que la caséine iodée a les effets inverses, LUDVIGSEN émet l'hypothèse que la sélection d'animaux à croissance rapide et à faible indice de consommation a entraîné la sélection d'individus à déséquilibre hormonal, ce qui lui permet d'avancer l'idée d'une prédisposition génétique de certains animaux à l'affection.

Sensiblement à la même époque, HENRY et ses collaborateurs (HENRY et al., 1955, 1957 a et b, 1958) abordent l'étude du déterminisme de la myopathie exsudative et dépigmentaire. Après une étude de l'évolution de certains éléments de la glycolyse, ces auteurs mettent en évidence par la méthode des bilans hydriques une fuite massive de potassium hors de l'organisme lorsque l'affection est installée ; simultanément, ils montrent l'élévation massive du taux de potassium sérique sous l'action d'électrochocs analogues à ceux utilisés pour l'électronarcose des animaux lors de l'abattage. En outre, ils mettent en évidence l'existence d'une déficience surrénalienne principalement au niveau des glucocorticoïdes. Ces différents résultats amènent HENRY à formuler une hypothèse rejoignant celle de LUDVIGSEN et tendant à qualifier la myopathie exsudative et dépigmentaire de maladie de l'adaptation, conséquence de la sélection d'animaux orientés essentiellement vers l'anabolisme, au détriment des fonctions de défense de l'organisme et en particulier de la capacité adaptative. LAWRIE, (1958, 1960) tout en tirant des conclusions analogues aux auteurs précédents, à savoir en incriminant une sélection conduis à des animaux possédant une hypophyse à sécrétion élevée en STH mais déficiente en ACTH et TSH réalise la première étude assez approfondie du déroulement de la glycolyse et on peut considérer qu'il marque le point de départ des études biochimiques entreprises à partir de cette époque sur ce problème.

Aspect biochimique

LAWRIE observe en particulier que le stock de phosphocréatine au moment de l'abattage est très faible chez les animaux exsudatifs, que la vitesse de destruction de l'ATP est beaucoup plus importante au cours des 40 minutes suivant l'abattage chez ces animaux que chez les individus normaux, et que l'intensité du caractère exsudatif est liée beaucoup plus étroitement à la vitesse de chute du pH qu'à la valeur atteinte par le pH ultime ; ayant remarqué la teneur inférieure en myoglobine des muscles exsudatifs, il estime que ceci concourt à orienter le métabolisme de ces muscles vers l'anaérobiose, c'est-à-dire à produire de l'énergie essentiellement par la dégradation du glycogène en acide lactique.

A partir de cette époque, le nombre de chercheurs qui, dans le monde, étudient le déterminisme de cette affection devient de plus en plus important et on assiste à un développement des études plus proprement biochimiques des phénomènes se déroulant dans le muscle après la mort, à savoir l'établissement de la *rigor mortis*, les processus de la glycolyse et leurs conséquences sur les propriétés des protéines musculaires.

Etude de la glycolyse

BRISKEY et son équipe (à partir de 1959), après une série de travaux visant d'abord à préciser les variations des caractéristiques physiques et chimiques de différents muscles de porc et leur évolution après la mort en fonction de l'alimentation et de l'activité musculaire avant l'abattage (BRISKEY et al., 1959 a et b, 1960) cherchent à approfondir l'origine de la chute rapide du pH musculaire après la mort en étudiant le fonctionnement intime de la glycolyse, la formation des divers intermédiaires de ce processus et certaines des activités enzymatiques qui y participent (BRISKEY et al., 1961 a et b, SAYRE et al., 1963, BEECHER et al., 1965, KASTENSCHMIDT et al., 1965). Leurs résultats ne montrent pas de différences fondamentales entre muscles normaux et exsudatifs au niveau des processus de la glycolyse proprement dite mais les conduisent à l'étude du fonctionnement des activités ATPases musculaires, et en particulier de l'ATPase sarcoplasmique, donc à l'examen des processus liés aux mouvements du Calcium au niveau des microsomes (GREASER et al., 1969).

WISMER PEDERSEN (1959, 1961 a et b) relie la valeur du pH mesuré 45 minutes après la mort à l'existence de stress subis par les animaux avant l'abattage et au cours de celui-ci. Il émet l'hypothèse d'un début de chute du pH *in vivo* sous l'influence de ces stress. Avec BENDALL et HALLUND, WISMER PEDERSEN observe que la vitesse de chute du pH après la mort est indépendante de la valeur finale du pH ultime, et ne dépend pas non plus de la température ni du pouvoir tampon musculaire. Les auteurs en attribuent les variations à des activités enzymatiques différentes (BENDALL et al., 1962).

Nous avons mis en évidence (CHARPENTIER et GOUTEFONGEA, 1963 a, 1964) des différences d'activité de la lactico deshydrogenase musculaire entre muscles normaux et exsudatifs, caractérisés par leur chute de pH respectivement lente et rapide, ainsi que des différences de structure électrophorétique au niveau de ces enzymes.

Nous avons étudié également l'influence d'une déplétion du stock de glycogène musculaire par un stress pratiqué à différents temps avant l'abattage sur la vitesse de chute du pH *post mortem* (CHARPENTIER et GOUTEFONGEA, 1966). CHARPENTIER (1966) étudie en outre l'influence de la forme du glycogène (lié aux protéines ou libre) sur le déroulement de la glycolyse ainsi que l'évolution des intermédiaires de la glycolyse (CHARPENTIER, 1968) et se trouve ainsi amené à envisager les mécanismes enzymatiques intervenant au cours de la *rigor mortis* (CHARPENTIER, 1969 b).

Conséquences sur les propriétés des protéines musculaires

Parallèlement à tous ces travaux concernant les phénomènes glycolytiques se déroulant dans le muscle après l'abattage, un nombre également très important d'études est mené sur leurs conséquences au niveau des propriétés des protéines musculaires, car c'est par leur intermédiaire que le principal caractère des viandes exsudatives se manifeste.

Les études menées sur les prpriétés des protéines musculaires concernent essentiellement, au début du moins, l'étude de leur solubilité. Tous les auteurs observent que, lorsque la chute du pH *post mortem* est rapide, la solubilité des protéines sarcoplasmiques et myofibrillaires est réduite (BENDALL et WISMER-PEDERSEN, 1962, KRZYWICKI et WISMER-PEDERSEN, 1962, Mc LOUGHLIN, 1963, CHARPENTIER et GOUTEFONGEA, 1963 b, BEECHER et al., 1965, GOUTEFONGEA, 1967, CHARPENTIER 1969).

L'hypothèse généralement émise alors attribue cette perte de solubilité à l'action conjointe du pH bas et de la température élevée qui provoque des modifications de structure pouvant aller jusqu'à la dénaturation de ces protéines. Ces modifications ont des conséquence importantes au niveau de la fixation d'eau à ces protéines et se traduisent par la réduction du pouvoir de rétention d'eau des protéines myofibrillaires.

Aspect neuro-endocricien

Alors que ces travaux sur l'étude des mécanimes de la *rigor mortis* et de leurs conséquences sur les propriétés des protéines musculaires se poursuivaient, Mc LOUGHLIN (1963) puis BENDALL (1966), ouvrent la voie à un nouveau champ d'investigation, en observant les conséquences de l'injection de curare, qui supprime la transmission de l'influx nerveux, sur ces phénomènes biochimiques.

Ces auteurs observent que l'injection de curare entraîne une chute de pH systématiquement lente ; par contre, on peut provoquer dans un muscle à chute de pH normalement lente, une chute rapide, au moyen d'excitations électriques. Ces observations amènent au concept de la réaction aux stimulations nerveuses. Le fait que les animaux réagissent différemment aux stimulis nerveux provoqués par des agressions conduit à la notion de sensibilité au stress, qui a été étudiée en particulier par BRISKEY et ses collaborateurs. Ils montrent que les animaux de certaines races, Poland China par exemple, sont plus sensibles au stress et ont une fréquence de « PSE condition » plus élevée. Il reste néanmoins que la chute rapide du pH *post mortem* est favorisée par une déficience d'oxygène *in situ*, qui oriente le métabolisme musculaire vers la voie anaérobie, donc vers la production d'acide lactique.

LISTER (1968) a tenté d'établir les influences respectives de la stimulation nerveuse et de l'anoxie. Les deux phénomènes agissent de concert, mais selon les races, l'un ou l'autre a une influence prépondérante. Chez le Poland China par exemple, l'anoxie *in vivo* entraîne l'existence d'une certaine quantité d'acide lactique *in situ* au moment de l'abattage, qui entraîne une chute rapide de pH même après injection de curare. Par contre, chez le Chester White, la majeure partie de l'acide lactique produit *in situ* l'est par la stimulation des muscles au moment de l'abattage. L'étude de la sensibilité au stress a amené un certain nombre d'auteurs (ADDIS et al., 1967, JUDGE et al., 1968, TOPEL, 1968) à revenir aux observations de LUDVIGSEN et HENRY concernant l'activité des cortico surrénales, et en particulier à la secrétion de 17 OH corticostéroïdes. Ces auteurs constatent l'existence de relations entre la « PSE condition » et un faible taux des 17 OH corticostéroïdes dans le plasma. Cette insuffisance corticosurrénalienne semble donc constituer le troisième facteur, avec l'anoxie et la réaction aux stimulations nerveuses, responsable de l'apparition de la myopathie exsudative et dépigmentaire ; en effet, l'anoxie et la réaction aux stimulations nerveuses, dans des proportions variables selon les individus, contribuent à la formation d'acide lactique dans les tissus, ce qui en soit ne serait pas catastrophique si cet acide lactique était évacué rapidement, mais une insuffisance des glucocorticoïdes entraîne une mauvaise évacuation de l'acide lactique, d'où un abaissement rapide du pH après la mort.

SYNTHESE DES NOTIONS ACTUELLES

Dans l'état actuel de nos connaissances, il semble donc que nous puissions proposer un concept synthétique et cohérent du déterminisme de la myopathie exsudative et dépigmentaire du porc. Trois facteurs essentiels sont en effet impliqués dans l'étiologie de cette affection, en l'occurence, un état d'anoxie relative de l'animal, un véritable déséquilibre hormonal et enfin une particulière réaction aux stimulations nerveuses.

Nous considérerons donc successivement le rôle de ces différents facteurs et les modalités de leur interaction. L'interprétation des diverses perturbations métaboliques qui en résultent, et de leurs conséquences *post mortem* devrait nous permettre d'envisager les possibilités de remédier à cette affection.

.../...

L'anoxie

Tous les auteurs s'accordent à reconnaître que les viandes claires sont, en règle générale, plus sujettes à l'exsudation. Nos propres travaux concernant l'étude de la sensibilité des différents muscles de la carcasse à cette affection montrent nettement que les muscles dont la capacité de rétention d'eau est faible sont systématiquement les moins colorés (GOUTEFONGEA et CHARPENTIER, 1966). Bien que la valeur du pH et son mode d'évolution *post mortem* conditionnent certes en partie la couleur de la viande, les différences essentielles de coloration des muscles sont néanmoins imputables à leur teneur en myoglobine et par là même à l'importance relative des fibres rouges et des fibres blanches. Le tissu musculaire est en effet constitué de deux types de fibres :

- les fibres rouges, utilisant principalement les réactions de la chaîne respiratoire et du cycle de Krebs, riches en myoglobine et en enzymes du métabolisme aérobie (Succinique deshydrogénase, Cytochrome oxydase, malate deshydrogénase).

- les fibres blanches, au metabolisme essentiellement anaérobie , qui ont une faible teneur en myoglobine, mais sont riches en enzymes glycolytiques (Lactico deshydrogénase). Le diamètre de ces fibres est d'ailleurs supérieur à celui des précédentes. Les muscles ayant plus de 40 % des fibres du premier type sont classés parmi les muscles «rouges» alors que ceux qui contiennent moins de 30 % de fibres rouges sont considérés comme des muscles «blancs». Or de nombreux travaux ont montré que la teneur en myoglobine et le pourcentage de fibres rouges étaient plus faibles dans les muscles exsudatifs. Cette spécificité des types de fibres musculaires se traduit également par une différence dans le taux et la nature de certains enzymes glycolytiques tels que notamment la deshydrogénase lactique (LDH).

Dès 1963 nous avions montré en effet que la répartition des isoenzymes de la LDH des muscles exsudatifs présentait certaines particularités (CHARPENTIER et GOUTEFONGEA, 1963 a, 1964). De nombreux travaux ultérieurs ont corroboré nos résultats et établi que les isoenzymes du type «anaérobie» prédominaient dans les muscles «blancs». Cette répartition des isoenzymes spécifiques d'un type métabolique déterminé se retrouve également en partie au niveau des enzymes plasmatiques.

La diminution de la teneur en myoglobine associée à celle du taux de cytochrome C traduit la déficience du métabolisme aérobie alors que l'augmentation de la teneur en acide lactique et la spécificité des enzymes glycolytiques montrent une orientation préférentielle vers le métabolisme anaérobie.

Comme nous l'avons mentionné dans la première partie de cet exposé, au moment de l'abattage les muscles exsudatifs se caractérisent essentiellement par une teneur élevée en acide lactique, par un effondrement du taux de créatine phosphate et une diminution de la teneur en ATP. L'augmentation de la teneur en acide lactique concomitante d'une chute des composés phosphate riches en énergie, montre que le tissu musculaire a contracté une véritable «dette d'oxygène» et a dû remédier au déficit de la synthèse aérobie d'ATP par un catabolisme accru du glycogène. La valeur initiale du pH musculaire se trouve d'ailleurs considérablement abaissée. Nous avons pu ainsi obtenir très fréquemment des pH initiaux inférieurs à 6,2, confirmant pleinement en cela les résultats de LUDVIGSEN. Cette véritable acidose *in vivo* est la conséquence d'un état d'anaérobie prononcé du tissu musculaire qui entraîne une prédominance de la synthèse d'ATP par les mécanismes glycolytiques anaérobies. L'anaérobie et l'acidose cellulaire physiologiques semblent d'ailleurs quelque peu inéluctables. En effet, le tissu musculaire du porc voué à la croissance rapide, à la précocité, à l'anabolisme, se synthétise en un milieu dont le potentiel oxydo-réducteur est bas : les synthèses anabolisantes empruntent les voies inverses des équations des oxydations catabolisantes élévatrices de redox et aboutissent donc à un redox faible. Par ailleurs, la respiration pulmonaire du porc et le système cardiovasculaire sont réduits du point de vue anatomique d'où l'instauration d'un état anoxique constitutionnel. L'absence quasi totale d'entrainement musculaire accentue encore cet état d'asphyxie latente qui atteint son paroxysme lorsque l'animal doit fournir des efforts soudains et inhabituels. Cette anoxie est d'ailleurs due en grande partie à l'insuffisance de l'ir-

rigation sanguine. SYBESMA et HART, 1965, ont ainsi pu mettre en évidence une diminution systématique du volume sanguin chez les porcs fournissant ultérieurement une viande pâle et exsudative. L'examen microscopique révèle en outre que les capillaires sanguins sont étroitement associés aux fibres rouges, les fibres blanches étant par contre très peu irriguées (ROMANUL, 1964). Les conditions de microirrigation sanguine et par suite l'apport d'oxygène aux cellules, semblent donc déficientes dans les muscles prédisposés à la myopathie exsudative et dépigmentaire, ce qui concourt à la réalisation d'une certaine anoxie.

Le déséquilibre hormonal

Si la défaillance de l'apport et de l'utilisation de l'oxygène est en partie responsable de cette affection, de nombreux travaux et en particulier ceux de LUDVIGSEN (1954, 1955 a, b, c,) ont mis en évidence l'importance des aspects endocriniens, notamment en ce qui concerne les perturbations de la fonction thyroïdienne et les insuffisances corticosurrénaliennes. L'observation par LUDVIGSEN d'une coincidence entre l'abaissement estival de la teneur en iode de la thyroïde et la recrudescence des cas de myopathie durant cette même période ainsi que les résultats d'expérience d'hypo et d'hyperthyroïdie provoquées étayent très fortement l'hypothèse selon laquelle une hypothyroïdie est impliquée dans l'étiologie de la myopathie. Nos propres résultats qui confirment pleinement ceux de JUDGE et al. (1968) montrent qu'il existe des différences entre races en ce qui concerne l'incorporation thyroïdienne de l'iode 131 et que, pour une même race, cette incorporation est plus faible chez les animaux dont les muscles sont pâles et exsudatifs. La diminution de l'incorporation thyroïdienne de l'iode est symptomatique d'une hypothyroïdie, toutefois le taux systématiquement élevé de l'iode lié aux protéines plasmatiques ne s'inscrit pas dans ce tableau clinique. Cette fraction protéique ne représente vraisemblablement qu'en partie l'iode hormonal, d'où la nécessité de procéder à une investigation systématique du fonctionnement thyroïdien (activité propre de la glande sécrétion de produits actifs et inactifs, devenir de ces produits dans le plasma...) afin de préciser ce type d'anomalie.

La fonction thyroïdienne du porc en croissance fait apparaître une dualité de l'action hormonale :

- d'une part, l'hormone thyroïdienne est indispensable à la croissance du jeune, c'est-à-dire qu'elle concourt à l'anabolisme;

- d'autre part, un excès d'hormone thyroïdienne est catabolisant : il accélère les processus cellulaires oxydatifs, et, augmentant la production de chaleur inutile quand la température de l'environnement est relativement élevée, il diminue le rendement de la ration alimentaire. Dans le cas de la race Piétrain, une véritable hypothyroïdie est vraisemblablement à l'origine de la moindre vitesse de croissance des animaux de cette race alors que dans le cas de la race Large White, une hypothyroïdie plus nuancée s'accompagne d'une diminution de la qualité de la viande sans affecter néanmoins la vitesse de croissance. Ainsi apparaît la marge très étroite entre les effets catabolisants et anabolisants de l'hormone thyroïdienne. Selon LUDVIGSEN (1955 c), l'hypothyroïdie serait en fait imputable à une insuffisance hypophysaire. D'une façon générale d'ailleurs la sécrétion de l'hormone somatotrope, particulièrement active chez le porc en croissance, serait favorisée au détriment des stimulines hypophysaires telles que la thyrostimuline d'une part et l'ACTH d'autre part, d'où un affaiblissement des axes hypophyso-thyroïdien et hypophyso-surrénalienne.

Selon HENRY (1958), l'ACTH excitatrice des glucocorticoïdes catabolisants du cortex surrénal est peu abondante dans l'hypophyse du porc prédisposé à la myopathie. Compte tenu du rôle des glucocorticoïdes dans le catabolisme des protéines, il semble inéluctable qu'une recherche systématique de la meilleure efficacité alimentaire se traduise par une déficience de leur sécrétion.

Le dosage des 17 hydroxycorticostéroïdes urinaires et plasmatiques montre effectivement l'existence d'une défaillance corticosurrénalienne chez les animaux atteints de myopathie dépigmentaire et

exsudative (TOPEL, 1968). La teneur en 17 hydroxycorticostéroïdes du plasma de ces animaux est en effet significativement inférieure à celle des porcs normaux. L'examen histologique des surrénales montre en outre la présence d'amas lipidiques importants dans la «zona reticularis» (CASSENS et al., 1966, JUDGE et al., 1968). Cette insuffisance surrénalienne entraîne une moindre aptitude des animaux à surmonter les perturbations physiologiques qui se produisent lors d'agressions non spécifiques diverses.

Il est bien établi en outre que les glucocorticoïdes exercent une puissante action anti-inflammatoire antagoniste de celle de l'histamine. Une défaillance corticosurrénalienne empêche donc l'action vasoconstrictrice des glucocorticoïdes et il en résulte inéluctablement une vasodilatation des capillaires, renforcée d'ailleurs par une réaction histaminique (HAMM, 1969) et un ralentissement du courant sanguin qui se traduisent par une véritable séquestration de l'acide lactique dans le muscle.

Un apport de glucocorticoïdes *ante mortem* permet l'évacuation de l'acide lactique qui «stagne» dans le muscle, ce qui entraîne une augmentation du pH initial de l'ordre de 0,3 unité et permet par là même de ralentir la vitesse de chute ultérieure du pH et d'améliorer ainsi très nettement la qualité de la viande (LUDVIGSEN, 1968). Un taux important d'acide lactique musculaire immédiatement *ante mortem* semble donc dû à la fois à une particulière intensité de la glycogénolyse et à une séquestration de l'acide lactique consécutive à une insuffisante sécrétion de glucocorticoïdes.

La réaction aux stimulations nerveuses

Les différents facteurs précédemment considérés ne rendent compte que partiellement des caractéristiques biochimiques essentielles du muscle exsudatif qui sont les faibles teneurs en myoglobine, cytochrome C, (HENRY et BERNARD, 1960) enzymes du cycle de Krebs, ainsi qu'en créatine phosphate et ATP et, par contre, les taux élevés d'acide lactique, de phosphore minéral, et l'intensité de l'activité ATPasique et de la glycogénolyse. La mise en évidence de l'action des stimuli nerveux sur le métabolisme musculaire, notamment lors des excitations diverses auxquelles sont soumis les animaux avant et lors de l'abattage, s'avère particulièrement importante puisqu'elle contribue à expliquer certains aspects du syndrome de la myopathie dépigmentaire et exsudative. Comme nous l'avons vu précédemment, la suppression des stimuli nerveux, au moyen de la curarisation, permet de ralentir notablement la vitesse de chute du pH *post mortem* (BENDALL, 1966). Nous avons obtenu des résultats semblables lorsque les animaux étaient abattus sous anesthésie aux barbituriques ou après administration d'un tranquillisant tel que la chlorpromazine (CHARPENTIER, 1967). La stimulation électrique par contre provoque une augmentation de l'acide lactique, une diminution de la créatine phosphate et de l'ATP ainsi qu'une accélération de la glycogénolyse (Mc LOUGHLIN, 1963). En effet, lors d'une stimulation nerveuse, les fibres musculaires se contractent d'où une consommation d'ATP et une mise en œuvre rapide des systèmes régénérateurs d'ATP, à savoir la phosphorylation de l'ADP par la créatine phosphate et la synthèse d'ATP au moyen de la glygénolyse. Les stimulations nerveuses provoquent également une dépolarisation du sarcolemme qui se propage jusqu'aux triades du réticulum sarcoplasmique et permet ainsi le relarguage des ions calcium qui peuvent alors activer la myosine ATPase. Dès la fin de la stimulation, les ions calcium sont de nouveau accumulés par les triades du réticulum qui, grâce à leur activité ATPasique, assurent le transport actif du calcium. Il résulte de ces considérations que des stimulations nerveuses répétées provoquent inévitablement une diminution du taux d'ATP. Il convient de remarquer que la dépolarisation du sarcolemme est d'ailleurs amorcée en quelques sorte par la fuite potassique due à la conjonction d'un hyperaldosteronisme et d'un hyperminéralo corticisme, attesté par l'augmentation des corticoïdes 17-desoxy, (BUGARD et al., 1962). L'absence de stimulation nerveuse évite les contractions musculaires et le relarguage des ions calcium, et par conséquent permet le maintien d'un taux élevé d'ATP et d'une faible teneur en acide lactique. Nous avons pu montrer par ailleurs que l'aptitude des microsomes du reticulum sarcoplasmique à accumuler les ions calcium dépendait étroitement du pH. En effet, lorsque le pH est inférieur à 6,2, une dénaturation irréversible des microsomes se produit progres-

sivement. Il en résulte une augmentation du taux de calcium libre dans le muscle et une activité ATPasique myofibrillaire concomitante d'où la particulière rapidité de l'installation de la *rigor mortis* qui caractérise également les muscles exsudatifs (CHARPENTIER, 1969 b). Dans le cas d'animaux de la race Piétrain, la *rigor mortis* est parfois totale dans les instants qui suivent l'abattage. Cette dénaturation des microsomes due à la diminution du pH est totalement accélérée si la température est relativement élevée. Le relarguage du calcium, en entraînant une activité ATPasique myofibrillaire, contribue indirectement à accélérer la chute du pH puisque l'activité ATPasique et la glycogénolyse *post mortem* sont en quelque sorte synchronisées puisque l'ADP constitue un substrat auxiliaire indispensable. Nos résultats (CHARPENTIER, 1969 b) qui confirment pleinement ceux de GREASER et al., (1969 a et b) montrent que dans les muscles à glycogénolyse *post mortem* rapide, la liaison du calcium aux microsomes est systématiquement plus faible. L'activité ATPasique de la myosine des muscles «blancs» étant supérieure à celle des muscles «rouges» (GERGELY et al., 1965), des différences structurales de la myosine en fonction du type métabolique peuvent être également à l'origine de la plus grande activité ATPasique des muscles exsudatifs.

En conclusion donc, la prépondérance des processus glycolytiques consécutive à la constitution même du tissu musculaire voué à l'anaérobiose, la défaillance des axes hypophysothyroïdien et hypophysosurrénalien, ainsi que les conséquences des stimulations nerveuses *ante mortem* contribuent donc à expliquer l'intensité de la glycogénolyse et de l'activité ATPasique immédiatement *ante* et *post mortem* qui caractérisent, en définitive, les viandes exsudatives.

Les conséquences post mortem

A l'issue des nombreux travaux effectués ces dernières années, il apparaît en effet que la faible rétention d'eau et, à un moindre degré, l'insuffisance de coloration des viandes exsudatives, sont dues à une glycogénolyse *post mortem* particulièrement rapide. Le pH musculaire atteint en effet sa valeur ultime très peu de temps après l'abattage alors que la température du muscle est voisine de celle de l'animal vivant. Cette conjonction d'un pH bas et d'une température relativement élevée entraîne la précipitation d'une partie des protéines sarcoplasmiques.

Nous avons vu précédemment que selon BENDALL et WISMER-PEDERSEN (1962) les protéines sarcoplasmiques dénaturées s'agrégeraient aux protéines myofibrillaires, ce qui aurait pour effet de réduire également la solubilité de ces dernières et de masquer les groupements hydrophyles, donc par là même de diminuer la rétention d'eau. Par ailleurs, les protéines sarcoplasmiques dénaturées masqueraient en quelque sorte la myoglobine et réduiraient ainsi son pouvoir colorant, (Mc LOUGHLIN et GOLDSPINK, 1963). Nos résultats (CHARPENTIER, 1969 a) montrent que la dénaturation des protéines sarcoplasmiques est particulièrement importante lorsque le pH est compris entre 5,5 et 5,8 et lorsque la température est supérieure à 40 °C. L'électrophorèse sur gel d'amidon indique que les protéines dénaturées sont principalement la créatine kinase et les protéines à migration cathodique rapide. L'étude des spectres d'absorption de la myoglobine montre que la conjonction d'un pH bas et d'une température élevée entraîne une oxydation et non une dénaturation de la myoglobine. La solubilité des protéines myofibrillaires du muscle exsudatif est également plus faible. Dans les muscles à glycogénolyse rapide, 50 % des protéines myofibrillaires sont en effet insolubles. La diminution de l'extractibilité des protéines myofibrillaires en milieu de force ionique élevée traduit une dénaturation de ces protéines. La conjonction pH bas, température élevée modifie d'ailleurs considérablement les propriétés physico-chimiques de la myosine, notamment son activité ATPasique (PENNY, 1967). Nous avons pu montrer, en ce qui nous concerne, que l'actomyosine extraite des muscles exsudatifs présentait un spectre d'absorption atypique, ce qui indique évidemment une modification de la conformation de cette protéine (GOUTEFONGEA, 1967, 1968). L'action conjuguée du pH et de la température se traduit donc par des modifications des propriétés physico-chimiques des protéines musculaires qui sont responsables en définitive de caractéristiques technologiques importantes, telles que la rétention d'eau et la coloration.

Les remèdes possibles

La synthèse des explorations métaboliques auxquelles nous avons fait allusion et les particularités de l'évolution *post mortem* du muscle exsudatif laissent entrevoir les méthodes à mettre en oeuvre pour s'opposer efficacement au développement de la myopathie exsudative et dépigmentaire du porc. Nous avons vu précédemment que la réaction particulière de l'animal aux agressions non spécifiques diverses était étroitement associée à ce syndrome.

A la faveur des mécanismes nerveux, hormonaux et métaboliques décrits tout au long de cet exposé, il est en effet compréhensible que les stimulations nerveuses, le déficit des hormones de défense et l'anaérobie physiologique contribuent à rendre particulièrement délicate l'homéostasie de l'animal face à des agressions variées. C'est ainsi qu'à la suite des travaux de BRISKEY aux U.S.A., nous avons pu établir un mode d'appréciation prévisionnelle de la qualité de la viande de porc fondé sur les réactions physiologiques de l'animal lorsqu'il est soumis à une épreuve d'hyper thermie provoquée. Pour cela nous avons enregistré les variations de la température musculaire (Longissimus Dorsi), du rythme respiratoire, du rythme cardique, de la pCO_2, du pH sanguin, de l'acide lactique sanguin et du taux d'éosinophiles chez des animaux maintenus à 43 °C pendant 20 minutes.

Les animaux dont les muscles présentent des caractéristiques «normales» et dont la viande peut être qualifiée d'excellente qualité, ne réagissent pratiquement pas à l'élèvation de la température ambiante si ce n'est par une très légère augmentation du rythme respiratoire et par une diminution du taux d'éosinophiles sanguins. Par contre le comportement des porcs dont les muscles sont ultérieurement exsudatifs, est totalement différent. Le rythme cardiaque augmente rapidement et atteint fréquemment des valeurs de l'ordre de 180 pulsations par minute alors que le rythme respiratoire s'accroît pendant les premières minutes puis décline rapidement pour atteindre des valeurs très faibles de l'ordre de 10 inspirations par minute. Simultanément la pCO_2 augmente ainsi que l'acide lactique sanguin et la température musculaire. La variation non systématique du taux d'éosinophiles sanguins semble imputable à une production défaillante des glucocorticoïdes. L'augmentation de la température musculaire est due très vraisemblablement à l'intense activité ATPasique du tissu musculaire génératrice de calories, qui, s'ajoutant aux calories produites lors des différentes synthèses à rendement inférieur à l'unité, sont difficilement évacuées par une micro irrigation sanguine déficiente. Entre ces extrêmes se situent les animaux de qualité « moyenne » pour lesquels les augmentations du rythme cardiaque et du rythme respiratoire sont concomitantes et progressives. L'importance relative des isoenzymes de la deshydrogénase lactique permet en outre, semble-t-il, d'apprécier d'une façon satisfaisante l'orientation métabolique prédominante du tissu musculaire. L'intérêt de ces techniques relativement simples réside dans leur possibilité d'application sur le plan pratique à des fins de contrôle individuel des reproducteurs. Des modes de sélection tenant compte de critères biochimiques et physiologiques s'avéreraient sûrement très efficaces, dans la mesure bien entendu où l'héritabilité de ces caractères serait suffisante.

Il est également évident que des mesures appropriées doivent être prises tant au stade de l'élevage qu'au cours de la phase précédant immédiatement l'abattage pour éviter les agressions du milieu ambiant tantôt isolées, tantôt combinées ou encore répétées de manière cumulative. Les contentions brutales, les déséquilibres nutritionnels, l'abreuvement insuffisant ou au contraire la surcharge hydrique, le confinement dans les véhicules, l'état atmosphérique et barométrique, l'activité musculaire anormale, les changements brutaux de température constituent autant de facteurs susceptibles de modifier un équilibre neuro endocrinien très précaire. Comme l'a montré récemment RULCKER (1968) une activité physique régulière au cours de la vie de l'animal permet une parfaite réaction de défense de l'organisme lorsque l'animal est soumis à des modifications brutales du milieu ambiant.

L'influence de perturbations physiologiques diverses *ante mortem* sur la qualité de la viande est toutefois controversée par de nombreux auteurs. L'examen des résultats expérimentaux montre que

ces divergences ne sont qu'apparentes et s'expliquent en fait par les délais variables à l'issue desquels les animaux sont abattus. En effet ces traitements, quels qu'ils soient, provoquent une déplétion plus ou moins importante du glycogène musculaire. Or nos résultats montrent que dans le cas du porc la reconstitution du glycogène musculaire ne s'opère qu'au bout de 3 heures et exige environ 16 heures (CHARPENTIER, MONIN, 1968). Il est évident que si l'abattage intervient durant cette période, le faible taux de glycogène musculaire entraînera une valeur relativement élevée du pH ultime et par conséquent une coloration foncée et une forte rétention d'eau. Compte tenu enfin des possibilités de modifier profondément le mode d'évolution du pH musculaire en intervenant sur le mode d'abattage, il est inconstestable que des techniques adéquates d'anesthésie doivent être mises au point afin notamment d'éviter les conséquences parfois néfastes de l'électronarcose. Par ailleurs, comme nous l'avons mentionné précédemment la rétention d'eau défectueuse des viandes exsudatives étant due à la dénaturation des protéines musculaires dans des conditions de bas pH et de température élevée, il semblerait logique de supposer que la réfrigération rapide puisse exercer un effet bénéfique. En fait, le délai nécessité par l'abattage et la préparation de la carcasse ne peut guère, dans les conditions pratiques, être inférieur à 45 minutes. La température musculaire est alors comprise entre 39 °C et 43 °C. Lorsque le pH diminue rapidement 45 minutes après l'abattage sa valeur est inférieure ou égale à 5,5. Il est donc manifeste qu'une conjonction pH-température néfaste est alors inévitable. Par suite des différences de vitesses de refroidissement des muscles en fonction de leur localisation anatomique, la réfrigération rapide est surtout efficace pour les muscles superficiels. D'un point de vue pratique, il semble donc que, dans les cas extrêmes du moins, la réfrigération rapide des carcasses ne permette pas de pallier les défectuosités de rétention d'eau et de coloration. Par contre, dans le cas de muscles superficiels présentant une chute de pH *post mortem* relativement lente, la rapidité et l'intensité de la réfrigération peuvent alors exercer un effet bénéfique en abaissant suffisamment la température musculaire.

En conclusion, nous pouvons considérer que l'ensemble des travaux réalisés ces dernières années a permis d'élucider les mécanimes essentiels dont la synergie réalise, dans l'espèce porcine, le syndrôme de la myopathie exsudative et dépigmentaire. L'anoxie tissulaire, l'hypothyroïdie, l'insuffisance surrénalienne, la réaction aux excitations nerveuses, sont autant de facteurs qui selon le cas, interviennent d'une façon plus ou moins prépondérante. Dans certaines races, voire certaines lignées, l'étiologie de l'affection peut faire appel d'une façon prédominante à l'un de ces facteurs Parfois leur action cumulée doit être invoquée. Le déséquilibre métabolique de l'organisme peut tenir alors à un terrain nerveux et endocrinien que l'on s'est attaché à créer par la sélection et la recherche sytématique de performances zootechniques spectaculaires mais qui laissent l'animal sans défense devant les agressions inévitables de son existence.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADDIS P.B., JOHNSON H.R. THOMAS N.W. et JUDGE M.D., 1967. Effect of temperature acclimatation on porcine physiological response to heat stress and associated properties of muscle. J. Anim. Sci., **26** (3)

BEECHER G.R., BRISKEY E.J. et HOEKSTRA W.G., 1965. A comparison of glycolysis and associated changes in light and dark portions of the Porcine Semi tendinosus. J. Food. Sci., **30,** 477-486

BENDALL J.R., HALLUND O., WISMER-PEDERSEN J., 1962. A study of the post mortem pH changes in the muscles of Danish Landrace Pigs, in relation to the occurence of watery pork. Eighth Meeting of Meat Research Institutes, MOSCOU

BENDALL J.R., WISMER-PEDERSEN J., 1962. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. J. Food Sci., **27**, 144-158

BENDALL J.R., 1968. The effect of pre-treatment of pigs with curare on the post mortem rate of pH fa fall and onset of rigor mortis in the musculature. J. Sci. Food Agric., **17,** 333-338

BOURRIER T., 1897. Les industries des Abattoirs. P. 255. Baillière, PARIS.

BRISKEY E.J., BRAY R.W., HOEKSTRA W.G., PHILLIPS P.H., et GRUMMER R.H., 1959 a. The chemical and physical characteristics of various pork ham muscles classes. J. Anim. Sci., **18,** 146-152

BRISKEY E.J., BRAY R.W., HOEKSTRA W.G., PHILLIPS P.H. et GRUMMER R.H., 1959 b. The effects of exhaustive exercise and highsucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. J. Anim. Sci.» **18,** 173-177

BRISKEY E.J., BRAY R.W., HOEKSTRA W.G., PHILLIPS P.H. et GRUMMER R.H., 1960. Effect of high protein, high fat and high sucrose rations on the water binding and associated properties of pork muscle. J. Anim. Sci., **19,** 404-411

BRISKEY E.J. et WISMER-PEDERSEN J., 1961 a. Biochemistry of Pork muscle structure. I - Rate of anaerobie glycolysis and temperature change versus the apparent structure of muscle tissue. J. Food Sci., **26,** 297-305.

BRISKEY E.J. et WISMER-PEDERSEN J., 1961 b. Biochemistry of Pork muscle structure. II - Preliminary observations of biopsy samples versus ultimate muscle structure. J. Food Sci., **26,** 306-313.

BUGARD P., HENRY M., JOUBERT L., 1962. Maladies de civilisation et dirigisme biologique. MASSON, PARIS.

CASSENS R.G., JUDGE M.D., SINK J.D. et BRISKEY E.J., 1966. Porcine adrenocortical lipids in relation to striated muscle characteristics. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., **120,** 854-857

CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., 1963 a. Contribution à l'étude de quelques caractéristiques biochimiques du muscle de porc normal et exsudatif. IXth Meeting of Meat Research Institudes, BUDAPEST.

CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., 1963 b. Comportement électrophorétique des protéines sarcoplasmiques du muscle de porc normal et exsudatif. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., **3** 381-389.

CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., 1964. Electrophoretic characteristics of lactic dehydrogenase in normal and exsudative pig muscle. Nature, 201, 4926, 1325-1326.

CHARPENTIER J., 1966. Relation entre la teneur du muscle de porc en desmo-et-lyo-glycogènes et l'intensité de la glycogénolyse post-mortem. Ann. zootech., **15,** 367-371.

CHARPENTIER J., GOUTEFONGEA R., 1966. Influence de l'excitation ante-mortem chez le porc sur quelques caractéristiques physico-chimiques du muscle. Ann. zootech. **15,** 353-359.

CHARPENTIER J., 1967. Caractéristiques de quelques traitements ante mortem sur la rapidité de la chute du pH musculaire post mortem, la capacité de rétention d'eau et la coloration de la viande de porc. 13 th European Meeting of Meat Research Workers, ROTTERDAM.

CHARPENTIER J., 1968. Glycogénolyse post mortem du muscle Longissumus dorsi de porc. Ann. zootech., **17,** 429-443.

CHARPENTIER J., 1969. Influence de la température et du pH sur quelques caractéristiques physico-chimiques des protéines sarcoplasmiques du muscle de porc. Conséquences technologiques. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., **9,** 101-110.

CHARPENTIER J., 1969. Caractéristiques biochimiques du réticulum sarcoplasmique du muscle de porc post mortem. A paraître dans Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.

CHARPENTIER J., MONIN G., 1969. Influence de l'adrénaline sur le métabolisme du glycogène du muscle de porc in vivo et post mortem. A paraître dans Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.

GERGELY J., PRAGAY D., SCHOLZ A.F., SEIDEL J.C., STRETER F.A., THOMSON M.M., 1965. Comparative studies on white and real muscle in molecular biology of muscular contraction., 145-159. Elsevier Publishing Company.

GOUTEFONGEA R., CHARPENTIER J. 1968. Etude de la répartition topographique de la myopathie exsudative et dépigmentaire du porc. Ann. Zootech., **15,** 291-295

GOUTEFONGEA R., 1967. Contribution à l'étude du pouvoir de rétention d'eau de différentes fractions musculaires chez le porc normal et exsudatif. XIII th meeting of Meat Research Institutes, ROTTERDAM.

GOUTEFONGEA, R., 1968. Résultats non publiés.

GREASER M.L., CASSENS R.G., BRISKEY E.J., HOEKSTRA W.G., 1969 a. Post mortem changes in subcellular fractions from normal and pale, soft, exsudative porcine muscle. I - Calcium accumulation and adnosine triphosphatase activities. J. Food Sci., **34**, 120-124.

GREASER M.L., CASSENS R.G., BRISKEY E.J., HOEKSTRA W.G., 1969 b. Post mortem changes in subcellular fractions from normal and pale, soft, exsudative porcine muscle. II - Electron microscopy. J. Food Sci., **34,** 125-132.

HAMM R., 1969. Das Problem des Wässerigen, blassen Schweinefleisches im Lichte der gegenwärtigen Forschung : Biochemische Zusammenhänge. Fleischwirtschaft., **49**, 652-656.

HENRY M., BILLON J., HAOUZA G., 1955. Contribution à l'étude de l'acidose des viandes de porc dites exsudatives : lésions macroscopiques, microscopiques et biochimiques. Rev. Path. Gen. Comp. **669**, 857-885.

HENRY M., 1957 a. Mobilisation du potassium cellulaire chez le porc et qualités charcutières de la viande. Third Meeting of Meat Research Institutes, Roskilde.

HENRY M., 1957 b. Sur l'absorption et l'excrétion du potassium chez le porc. C.R. Soc. Biol., **151**, 1682.

HENRY M., ROMANI J.D., JOUBERT L., 1958. La myopathie exsudative et dépigmentaire du porc. Maladie de l'adaptation. Essai pathogénique et conséquences pratiques. Rev. Path. Gen. Phys. Clin., **696**, 355-395.

HENRY M., BERNARD C., 1960. Sur la teneur en Cytochrome C des muscles de porc normaux et myopathiques. C.R. Acad. Agric. France, **46**, 636-642.

JUDGE M.D., BRISKEY E.J., CASSENS R.G., FORREST J.C., MEYER R.K., 1968. Adrenal and thyroïde function in stress susceptible pigs. Am. J. Physiol. **214**, 146-151.

KATENSCHMIDT L.L., BEECHER G.R., FORREST J.C., HOEKSTRA W.G., BRISKEY E.J., 1965. Porcine muscle properties. A - Alteration of glycolysis by artificially induced changes in ambient temperature. J. Food Sci., **30**, 565-572.

KRZYWICKI K., WISMER-PEDERSEN J., 1962. Some properties of sarcoplasmic proteins of normal and watery pork muscle. Eighth Meeting of Meat Research Institutes, MOSCOU.

LAWRIE R.A., GATHERUM D.P., HALE H.P., 1958. Abnormally low ultimate pH in pigs muscle. Nature, **182**, 807-808.

LAWRIE R.A., 1960. Post mortem glycolysis in normal and exsudative longissumus dorsi muscles of the pig in relation to so-called white muscle disease. J. Comp. Pathol. Therap. **70**, 273-295.

LISTER D., 1968. Recent Point of view on the condition and meat quality of pigs for slaughter. International Symposium on meat quality. 6-10 May 1968. ZEIST - Netherlands.

LUDVIGSEN J., 1954. Investigations on what is called «Muscular Degeneration» in hogs, 272 Beretning fra Forsögslaboratoriet, Kobenhawn.

LUDVIGSEN J., 1955 a. Etude sur la dégénerescence musculaire des porcs. II - Effets de la caséine iodée et du methylthioracyle sur le métabolisme, la musculature et la thyroïde (Danois). 278 Beretning fra Forsögslaboratoriet. Kobenhawn.

LUDVIGSEN J., 1955 b. Etude sur la dégénerescence musculaire des porcs. III - Effets de la caséine iodée, de la thyroxine et de la diiodohistidine sur la croissance du porc, l'utilisation des aliments, la musculature, la thyroïde et les qualités charcutières de la viande (Danois), 279 Bereting fra Forsögslaboratoriet, Kobenhawn.

LUDVIGSEN J., 1955 c. Etude sur la dégénerescence musculaire des porcs. IV - Pathogénie (Danois), 284 Beretning fra Forsögslaboratoriet, Kobenhawn.

LUDVIGSEN J., 1968. The effect of Adrenol Corticol steroïds in PEM susceptible pigs. International Symposium on meat quality. 6-10 May - ZEIST - The Netherlands.

Mc LOUGHLIN J.V., 1963. The effect of rapid post mortem pH fall on the extractive of the sarcoplasmic and myofibrillar proteins. IXth Meeting of Meat Research Institutes, BUDAPEST.

Mc LOUGHLIN J.V., GOLDSPINK G., 1963. Post mortem changes in the colour of pig Longissimus Dorsi muscle. Nature, **198**, 584-585.

MONIN G., CHARPENTIER J., 1969. Relation entre l'activité thyroïdienne du porc et quelques caractéristiques physicochimiques du tissu musculaire post mortem. Journées de la Recherche Porcine en France, PARIS.

PENNY I.F., 1967. The influence of pH and temperature on the properties of myosin. Biochem. J., **104**, 609-615.

ROMANUL F.C.A., 1964. Distribution of capillaries in relation to oxidative metabolism of skeletal muscle fibres. Nature, **201**, 4916, 307-308.

RÜLCKER C., 1968. The influence of physical training and short-time physical stress on colour, fluid loss, pH, adenosine triphosphate and glycogen of the gracilis muscle in pigs. Acta Vet. Scand. suppl. 24.

SAYRE R.N., BRISKEY E.J., HOEKSTRA W.G., 1963. Comparison of muscle characteristics and post mortem glycolysis in three breeds of swine. J. Anim. Sci., **22**, 1012-1020.

SYBESMA W., HART P.C., 1965. Bloedvolume en vleesdegeneratie bij varkens. Tijdschr. v. Diergen., **90**, 1116.

TARRANT P.J.V., Mc LOUGHLIN J.V., 1968. Anaerobie glycolysis in muscle taken immediately post mortem and from live pigs under anaesthesia. 14 th European Meeting of Meat Research Workers, BRNO.

TOPEL D.G., 1968. Relation of plasma glucocorticoïd levels to some physical and chemical properties of porcine muscle and the porcine stress syndrome. International Symposium on meat quality. 6-10 May - ZEIST, the Netherlands.

WISMER-PEDERSEN J., 1959. Quality of pork in relation to rate of pH change post mortem. Food Res., **24**, 711-727.

WISMER-PEDERSEN J., BRISKEY E.J., 1961 a. Rate of anaerobie glycolysis versus structure in Pork muscle. Nature, **189**, 409-415.

WISMER-PEDERSEN J., BRISKEY E.J., 1961 b. Relation ship of post mortem acidity and temperature. Food Technol., **15**, 232-236.

CONSEQUENCES DE L'INTENSIFICATION FOURRAGERE SUR LA COUVERTURE DES BESOINS EN OLIGOELEMENTS DES RUMINANTS PAR LES FOURRAGES

Simone PERIGAUD

Station de Physiopathologie de la Nutrition

Les carences en oligoéléments chez les ruminants sont bien connues dans certains pays, particulièrement en Australie, en Nouvelle Zélande, aux U.S.A. et dans les pays du Nord de l'Europe. Chez nos voisins les plus proches, Belgique et Hollande, des carences complexes sont apparues au cours des dernières années. En France, une enquête récente auprès des vétérinaires et des éleveurs a révélé l'existence de subcarences en cuivre, en zinc, parfois en manganèse (résultats non publiés). De très notables déficits de production peuvent être également provoqués par des méthodes d'élevage intensif si la complémentation convenable en oligoéléments n'est pas assurée (LAMAND, BELLANGER, GEAY, 1969).

Dans ces conditions, une bonne connaissance de la valeur minérale (oligoéléments) des fourrages devient aussi indispensable que celle de leur valeur énergétique et azotée.

Quelques travaux étrangers laissent soupçonner que l'intensification fourragère n'est pas sans poser de problème vis-à-vis de l'animal : certaines graminées ont des teneurs en cuivre très basses (FLEMING, 1963-68 - KIRCHGESSNER, 1960), en-dessous du seuil préconisé pour la satisfaction des besoins des ruminants. Les fumures azotées peuvent également, sur certains sols, donner des fourrages très pauvres en cuivre (REITH MITCHELL, 1964); en Allemagne du Nord, les cuprémies sont beaucoup plus basses sur les troupeaux pâturant sur les herbages ayant reçu 200 kg d'azote par hectare et par an depuis 16 ans que sur ceux où l'azote est limité à 80 kg (cité par SCHUTTE, 1964).

En France KERGUELEN a montré (1962) qu'une prairie naturelle peu exploitée peut, sur un sol à faibles réserves cuivriques, être normalement pourvue en cuivre, tandis qu'un Ray-Grass d'Italie, en culture intensive sur le même sol, est extrêmement « carencé ».

Autrement dit, par le recours à des espèces sélectionnées très productives et des techniques de fertilisation poussée, l'intensification fourragère peut, en permettant d'augmenter considérablement les rendements, aboutir à la production de fourrages insuffisamment pourvus en oligoéléments pour l'animal.

Une connaissance plus précise des lois de variation de composition des fourrages français s'est donc avérée indispensable. La Station de Recherches sur la Physiopathologie de la Nutrition du Centre de Theix a pu entreprendre cette étude systématique grâce à l'important réseau d'expérimentations fourragères qui existe en France et qui a été mis à notre disposition par d'autres disciplines de l'I.N.R.A., par l'Institut Technique des Céréales et Fourrages (I.T.C.F.) et par certains Comptoirs d'Engrais. Ces études de longue durée sont encore en cours. Nous n'en donnons ici que les premiers résultats.

I - FACTEURS DE VARIATION LIES A LA PLANTE

a) l'espèce

Nous avons confirmé (tableau I) que les graminées sont en moyenne moins bien pourvues en cuivre que les légumineuses et celles-ci moins que les plantes à rosettes. Les espèces et variétés de graminées cultivées en France n'ont pas toutes la même valeur minérale : quel que soit le type de sol, les fléoles et fétuques élevées, espèces préconisées souvent en demi-montagne parce que bien adaptées au froid et à l'humidité, sont particulièrement pauvres en cuivre et souvent très en-dessous du seuil préconisé pour les animaux (situé entre 4 et 10 ppm Cu).

b) stade végétatif

Les graminées subissent une baisse importante de leur teneur en cuivre au cours de leur premier cycle, et les coupes à foin tardives (passé fleur) donneraient des foins très pauvres. En fait, avec la fléole, la chute des teneurs est rapide pendant la première moitié de la montaison, très lente ensuite (tableau II) : autrement dit, seule l'exploitation au stade pâture donnerait avec la fléole sur ce type de sol de l'herbe correcte en cuivre; le foin, même normalement récolté, est déjà carencé.

voir tableaux I et II recto-verso .../...

TABLEAU I

TENEURS EN CUIVRE DE QUELQUES GRAMINEES (premières coupes)

ECHANTILLONS		DATE DE COUPE	Cu (ppm MS)
1) **FEYT (Corrèze)** : champ d'essai C.R.A. Clermont-Ferrand - 1968 - 850 m. d'altitude-- sol marécageux de bas-fond sur gneiss			
Fétuques élevées			
Ludion		06/06	2,0
S 170		18/06	2,2
CF 116		"	1,6
CF 11		"	2,4
Manade		19/06	2,0
Moyenne			2,0
Ray-grass Anglais	Melle pâture	03/07	2,8
Fléole	Pécora	"	2,0
Dactyle	Prairial	"	4,0
Ray-Grass d'Italie Rita		"	3,4
Fétuque des prés		"	3,4
2) **LUANT (Indre)** : champ d'essai I.N.R.A. Agronomie - Chateauroux - 1969 sol détritique (éocène)			
Fétuque élevée			
Manade		6/5	5,6
S 170		6/5	5,8
Fétuque des prés			
Séquana		20/5	6,9
Dactyle			
Floréal		20/5	7,8
Prairial		3/6	6,7
3) **ST GENES CHAMPANELLE** C.R.Z.V. Theix (Station de physiopathologie de la Nutrition) 1969 - sol granitique – 800 m. d'altitude			
Ray-Grass d'Italie		3/6(1)	4,8
Trèfle violet			6,7
Pissenlit			9,1

(1) mélange complexe, analyses faites sur plantes triées.

TABLEAU II

VARIATIONS DE LA TENEUR EN CUIVRE DE LA FLEOLE

AU COURS DU PREMIER CYCLE

THEIX - 1970

Date	Stade	Cu ppm M.S.(1)
12 mai	herbacé (20 à 30 cm)	7,1
22 mai	début montaison (épi 1 à 3 cm)	5,4
1er juin	mi-montaison (épi 13 à 15 cm)	3
19 juin	début épiaison	3
2 juillet	pleine épiaison	3,1
8 juillet	mi-floraison	2,4

(1) moyennes de 4 répétitions - différences hautement significatives sauf celle entre le 2 et le 8 juillet.

Les cycles de fin d'été et d'automne sont mieux pourvus en cuivre que le premier cycle (tableauIII), ce qui explique l'apparition dans certaines régions de symptômes de carence en cuivre peu de temps après la rentrée des animaux à l'étable lorsqu'ils sont nourris avec des foins de première coupe.

TABLEAU III

EVOLUTION DE LA TENEUR EN CUIVRE AU COURS DES DIFFERENTS CYCLES

Cu ppm M.S.

Mélange complexe (graminées) C.R.Z.V. Theix 1969			Fétuque élevée Feyt (Corrèze) 1969		foin Combrailles (P. de D.) 1968	
1ère coupe (à foin)	(17/6)	5,4	(17/6)	2,2	lères coupes	4,9
2e coupe	(4/8)	7,8	(20/8)	3,6		
3e coupe	(24/9)	9,0	(12/11)	4,0	2e (regain)	8,2
Moyennes de 4 répétitions - différences hautement significatives					Moyennes de 7 échantillons	

II - FACTEURS DE VARIATION LIES A L'ENVIRONNEMENT

a) le sol

Les mêmes espèces cultivées sur des sols différents ont des compositions très différentes (tableau I cité précédemment). Ce résultat ne fait que confirmer l'existence d'«aires géographiques de carences» liées aux types de sols (en cours d'étude).

b) les conditions climatiques

La composition d'un même fourrage sur un même sol varie d'une année à l'autre (tableau IV), ce qui explique l'apparition de carences en cuivre certaines années seulement. Les essais de longue durée en cours, avec enregistrements météorologiques, nous permettront de voir plus clair en ce domaine.

TABLEAU IV

VARIATIONS DES TENEURS EN CUIVRE DES MEMES FOURRAGES SELON L'ANNEE

		1968	1969
Fléole	Feyt (Corrèze)	2,0	1,2
Fétuque des prés	"	3,4	1,4
Prairie naturelle . Cézallier 1350 m		6,0	4,8
		1967	**1968**
foins de Normandie (1)		3,0 à 5,5	4,6 à 9,9

(1) foins «moyens» distribués aux animaux (8 exploitations).

c) les interventions culturales

- les amendements

En élevant le pH du sol, les amendements calcaires peuvent diminuer à la fois la disponibilité des oligoéléments dans le sol et la capacité d'absorption des cations des plantes; ainsi la mise en valeur de sols de montagne peut aboutir à la production d'un foin de fétuque élevée très carencé (tableau V, colonnes P_0 et «moyennes»).

voir tableau V page suivante .../...

TABLEAU V.

Teneurs en Cuivre

1969

FETUQUE ELEVEE S 170

FEYT (Corrèze)

INFLUENCE DU CHAULAGE ET DU NIVEAU DE FUMURE PHOSPHATEE

Champ d'essai C.R.A. - 63 – CLERMONT-FERRAND

	+ Ca					– Ca				
Traitement / Date de coupe	P_0 NP = 100–0	P_1 100 – 150	$P_2{}^a$ 100 – 300	$P_2{}^b$ 50 – 300	Moyenne	P_0 NP = 100–0	P_1 100 – 150	$P_2{}^a$ 100–300	$P_2{}^b$ 50 – 300	Moyenne
lère coupe 17/6/69	1,0	1,4	0,8	1,0	1,0	2,2	2,0	1,4	1,4	1,7
2ème coupe 20/8/69	3,2	2,8	2,8	2,8	2,9	3,6	3,6	2,8	3,0	3,2
3ème coupe 12/11/69	3,4	3,2	2,8	3,0	3,1	4,0	3,2	4,0	3,4	3,6
Moyenne	2,5	2,4	2,1	2,2	2,3	3,3	2,9	2,7	2,6	2,8

NB. Chiffres correspondant au mélange des «prélèvements moyens» des 4 répétitions par traitement.

- les engrais

Les engrais azotés en faible dose augmentent les teneurs en cuivre du fourrage jusqu'à un optimum au-delà duquel les teneurs baissent. Cet optimum se situe à des niveaux variables, entre 0 et 240 kg d'azote (maximum expérimenté) par hectare selon les sols, les fourrages et les années. A la limite, en sol pauvre en cuivre, des graminées franchissent le seuil de carence pour les animaux avec 40 kg d'azote seulement (tableau VI).

TABLEAU VI

INFLUENCE DE LA FUMURE AZOTEE SUR LA TENEUR EN CUIVRE DES FOURRAGES

Plante	Origine de l'essai	Traitements N	Cu ppm M.S.
Dactyle floréal 1967	Station d'Agronomie Dijon (1)		1ère coupe — 2ème coupe
		– N = 100 nitrate de chaux	5,6 — 6,0
		– N = 240 nitrate de chaux	6,6 — 7,0
Ray-Grass d'Italie - 1967	Station d'Agronomie Amiens (2)		2ème coupe — 3ème coupe
		– 100 N automne + ON	6,4 — 8,0
		– 100 N + 150 N après chaque coupe	7,8 — **6,8**
Prairie Naturelle - 1968 -	Station d'Agronomie Clermont (2)		1ère coupe — 2ème coupe
		N = 40	6,2 — 8,0
		N = 40 + 40	6,2 — **7,4**
Prairie Naturelle Savoie 1969	I.T.C.F. (2)		1ère coupe
		N_0	4,4
		N_{80}	4,8
		N_{160}	**5,2**
		N_{240}	5,0
Prairie Naturelle Alpes Mancelles		N_0	4,6
		N_{80}	**5,4**
		N_{160}	4,2
		N_{240}	4,6

(1) Moyennes de 5 répétitions - différences hautement significatives

(2) Analyses sur les mélanges de 4 répétitions

Les engrais phosphatés peuvent également dans certains cas accentuer la pauvreté en cuivre (tableau V précédent).

L'irrigation qui, comme l'azote, permet une augmentation substancielle des rendements, donne en fin d'été des fourrages moins bien pourvus en cuivre que les témoins non irrigués (tableau VII).

TABLEAU VII

INFLUENCE DE L'IRRIGATION SUR LA TENEUR EN CUIVRE D'UN DACTYLE FLOREAL

(Station d'Agronomie - Dijon)

Cu mg/kg M.S.

N° et date de coupe		Témoin	Irrigué ETP
1ère coupe (1)	11/5/67	6,9	6,9
2ème coupe	20/6/67	8,4	* 8,0
3ème coupe	13/7/67		10,2
4ème coupe	16/8/67		11,2
3ème ou 5ème coupe	26/10/67	9,7	** **8,0**

(1) Faible apport d'eau sur les parcelles «irriguées»

* Résultats significatifs

** Résultats hautement significatifs

CONCLUSION GENERALE

L'intensification de la production animale qui augmente les besoins du bétail s'accompagne souvent d'une diminution des teneurs en certains oligoéléments des fourrages; l'intensification fourragère peut ainsi contribuer à provoquer des carences.

Dans l'ensemble les graminées sont pauvres en cuivre; l'installation de soles de graminées pures n'est donc pas sans danger. Certaines espèces sont plus pauvres que d'autres et une attention particulière devrait donc être portée au choix des espèces. Les études en cours permettront de mieux connaitre le comportement des variétés inscrites au catalogue.

Un stade d'exploitation suffisamment précoce devrait compenser en partie des teneurs moyennement faibles, mais les courbes d'évolution avec le stade restent à préciser pour la plupart des espèces, de même que l'influence de la date de première exploitation sur les repousses ultérieures.

L'apparition de manifestations de carences certaines années seulement révèle l'importance du facteur climatique et confirme la nécessité d'étudier, dans le cadre d'essais de longue durée, l'influence de la vitesse de pousse sur la composition en oligoéléments du fourrage.

Par ailleurs, l'augmentation considérable de la production de matière sèche par la fertilisation ou d'autres techniques culturales, telles que l'irrigation, modifie profondément les équilibres biologiques; l'azote favorise l'absorption des oligoéléments mais des apports élevés tendent à diluer les oligoéléments absorbés, donc à diminuer la qualité minérale du fourrage produit. La dose optima à épandre dépend du type de sol. Les études en cours menées en collaboration étroite entre notre discipline, l'Amélioration des Plantes et l'Agronomie, ainsi qu'avec l'I.T.C.F., devraient permettre dans les années à venir de préciser toutes ces données.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

FLEMING G.A., 1963. Distribution of major and trace elements in some common pasture species. J. Sci. Food Agric., **14** (3) 203-208.

FLEMING G.A., MURPHY W.E., 1968. The uptake of some major and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturity. J. Brit. Grassl. Soc., **23** (2) 174-185.

KERGUELEN M., 1962. Valeur minérale de l'herbe (en oligo-éléments). Influence du sol et de la fumure sur la composition minérale. Fourrages, **10**, *63-71.*

KIRCHGESSNER M., MERZ G., OELSCHLAGER W., 1960. L'influence du stade de végétation sur la teneur en macro et en oligo-éléments de trois sortes d'herbe. Arch. Tierernähr., **10** (6), 414-427.

LAMAND M., BELLANGER J., GEAY Y., 1969. Carence en cuivre chez des taurillons à l'engrais, son influence sur la croissance et son traitement. Ann. Zootechn. **18** (2), 227-229.

REITH J.W.S., MITCHELL R.L., 1964. The effect of soil treatment on trace element uptake by plants. Plant analysis and fertilizer problems. Proc. fourth Colloq., 241-254.

SCHUTTE K.H., 1964. International monographs : aspect of animal and human nutrition. The biology of the trace elements. Their role in nutrition. Crosby Lockwood and Son. London, p. 228.

INFLUENCE DU MODE DE CONSERVATION DU MAIS GRAIN SUR SON UTILISATION POUR L'ENGRAISSEMENT DE TAURILLONS

Y. GEAY*, G. LIENARD**

Lorsque le maïs destiné à l'alimentation animale est récolté sous forme de grains entiers, il est en règle générale stocké après séchage au taux de 85 % de matière sèche. Ce procédé nécessite un équipement coûteux dont la capacité est fixée et ne permet pas d'absorber rapidement une récolte abondante. En outre, dans les rations riches en maïs grain, il est préférable que celui-ci soit condensé (broyé et aggloméré) si l'on veut régulariser l'ingestion des animaux, et limiter les accidents digestifs consécutifs à la consommation de farine; ce qui accroît encore le coût de cette méthode de conservation.

Pour éviter le séchage et réduire ainsi les frais, on a cherché à stocker le grain humide. Dans certaines conditions de conservation, cette technique a même permis d'améliorer l'appétibilité et la valeur nutritive du grain humide par rapport au grain sec (BEESON et PERRY, 1958; ZOGG et al., 1961; MAC CAFFREE, 1966, 1967). Actuellement deux méthodes sont utilisées en France pour conserver le grain humide.

Le stockage en silo hermétique

Il permet de limiter le développement des moisissures, mais, lorsqu'on soutire le grain, il est difficile de maintenir une étanchéité parfaite. En outre, à la sortie du silo, le grain doit être rapidement consommé, sa durée de conservation étant limitée. Enfin, les coûts d'investissement et de fonctionnement de tels silos sont très élevés.

Le stockage en silo tranchée

Il nécessite de beaucoup plus faibles investissements que le précédent, mais les proportions de grain moisi sont beaucoup plus importantes. Pour améliorer la conservation, il est possible de broyer le grain avant ensilage. Mais afin de permettre la confection rapide du silo, il est nécessaire d'utiliser des broyeurs à grande capacité, exigeant une forte puissance motrice, ce qui augmente alors le coût de la méthode de conservation. En outre, la reprise est peu aisée et il est difficile en pratique de contrôler les quantités de farine humide distribuées.

Un autre mode de conservation peut être envisagé. Expérimenté en Grande-Bretagne depuis 1965 sur l'orge, il consiste à pulvériser de l'acide propionique sur du grain humide non broyé pour arrêter le

* *Station de Recherches sur l'Elevage des Ruminants.*
** *Station Centrale d'Economie Rurale, détaché à la Station de Recherches sur l'Elevage des Ruminants.*

développement des moissures et des bactéries. Le grain n'est plus mis en silo mais en tas, soit sous abri, soit sous bâche plastique non hermétique et peut être repris aisément, manuellement ou à la vis.

Ce procédé de conservation apparaissant à priori simple et peu onéreux, nous avons étudié son application à la conservation du maïs grain humide et l'utilisation de ce grain pour l'engraissement de taurillons. Ce travail a été effectué en liaison avec la Société PROGIL qui fabrique l'acide propionique (propiogil).

I - UTILISATION DU MAIS HUMIDE TRAITE A L'ACIDE PROPIONIQUE POUR L'ENGRAISSEMENT DE JEUNES BOVINS ENTRE 9 ET 15 MOIS

Matériel et méthodes

40 tonnes de maïs grain INRA 258 récoltées à 68 % de matière sèche ont été traitées à l'acide propionique au taux de 1,5 %; le traitement consistant à pulvériser l'acide sur le grain au moment de sa reprise par une vis sans fin. Ces 40 tonnes ont été entreposées en vrac (à l'intérieur d'une grange). Une bâche plastique entourait et recouvrait le tas pour protéger le grain de la poussière et faciliter les mesures de température par sondages. Par ailleurs, 37,5 tonnes du même maïs ont été séchées partiellement (jusqu'à 85 % de matière sèche), broyées et agglomérées.

Au cours de sa conservation, le maïs humide a fait l'objet d'un certain nombre de mesures : relevé des températures en différents endroits du silo tous les 3 jours, prélèvement d'échantillons représentatifs (au début, au milieu et en fin de conservation) sur lesquels ont été effectuées les mesures suivantes : poids de mille grains, teneur en matière sèche, dosage de l'amidon. Par ailleurs, une analyse commerciale (% de grains cassés et moisis, % d'impuretés) des grains a été effectuée après 30, 60 et 90 jours de conservation.

70 jours après le traitement du grain humide à l'acide, 3 lots de 14 taurillons (7 Salers et 7 Salers × Rouge des Flandres) ont été constitués, les 14 animaux étant répartis de la façon suivante : 6 en stabulation libre et 8 en stabulation entravée.

Les animaux du lot 1 ont reçu à volonté une ration comportant 50 % de la matière sèche sous forme de maïs sec condensé et 50 % sous forme de luzerne déshydratée condensée. Les animaux du lot 2 ont reçu en quantité limitée une ration comportant 50 % de la matière sèche sous forme de maïs humide aplati et 50 % sous forme de luzerne déshydratée condensée. Cette ration a été distribuée en quantités égales (sur la base de la matière sèche) à celles consommées par les animaux du lot 1. Quant aux taurillons du lot 3, ils ont reçu la ration du lot 2 à volonté. Pour limiter le tri des aliments par les animaux, le maïs et la luzerne étaient mélangés dans l'auge au moment de la distribution. Tous ont pu consommer la paille de leur litière dont on a mesuré, une fois par semaine, les quantités ingérées par les animaux en stabulation entravée. Pour cela la litière était retirée et la paille leur était offerte dans l'auge.

On a mesuré par ailleurs la digestibilité des rations sur des taurillons maintenus en cage à bilan, au cours des trois périodes successives. Les animaux ont été abattus par bloc de 3 (un animal de chaque lot) lorsque l'état d'engraissement du taurillon du lot 3 était jugé satisfaisant, en moyenne au bout de 139 $\pm$ 30 j. A l'abattage, la composition des carcasses a été estimée à partir de celle de la 11ème côte, grâce aux relations établies par GEAY et BERANGER (1969).

Résultats

1 - Conservation

La température moyenne interne du tas de maïs humide après s'être élevée de 5 à 6° C durant les 5 premiers jours s'est abaissée régulièrement et a suivi l'évolution de la température extérieure.

30 jours après le traitement, en un point du tas, une importante élévation de la température a permis de mettre en évidence une pyramide de grains moisis (300 kg) ayant apparemment échappés au traitement. Les grains moisis, agglomérés entre eux, ont été retirés, les grains apparemment sains qui les entouraient ont été traités de nouveau à l'acide propionique, au taux de 0,5 %.

110 jours après le traitement, d'autres nodules de grains moisis ont été mis à jour et retirés, mais aucun traitement n'a été fait sur les grains sains voisins.

270 jours après le traitement, le poids total de maïs moisi retiré du tas a été de 1,6 tonnes, ce qui correspond à 4 % de pertes apparentes, dues aux irrégularités de la pompe doseuse et à la présence de portions de râfles ayant un taux d'humidité supérieur à celui du grain, donc insuffisamment traitées.

Par ailleurs, l'analyse commerciale a révélé 3,5 à 4 % de grains cassés et 1 % d'impureté. Un essai de germination du grain s'est révélé entièrement nul.

La teneur en matière sèche du grain est restée stable durant 160 jours : 68,6 % ± 0,8 %, puis elle s'est élevée pour atteindre 72 % 270 jours après le traitement. La teneur en amidon par contre est restée constante tout au long des 270 jours de conservation : 59,91 ± 1,11 % de la matière sèche.

2 - Résultats zootechniques

Au cours de la période d'engraissement, 2 animaux en stabulation libre, recevant la ration à base de maïs sec (lot 1), ont météorisé fortement. L'un des animaux (de race Salers) a dû être abattu, l'autre (un Salers × Rouge des Flandres) a été retiré du lot 1, mis en stabulation entravée où il a reçu, sans accident, la ration comportant le maïs humide aplati. Par suite, les différents résultats ont été obtenus à partir de lots de 12 taurillons, les animaux des lots 2 et 3 homologues des accidentés du lot 1 ayant été éliminés.

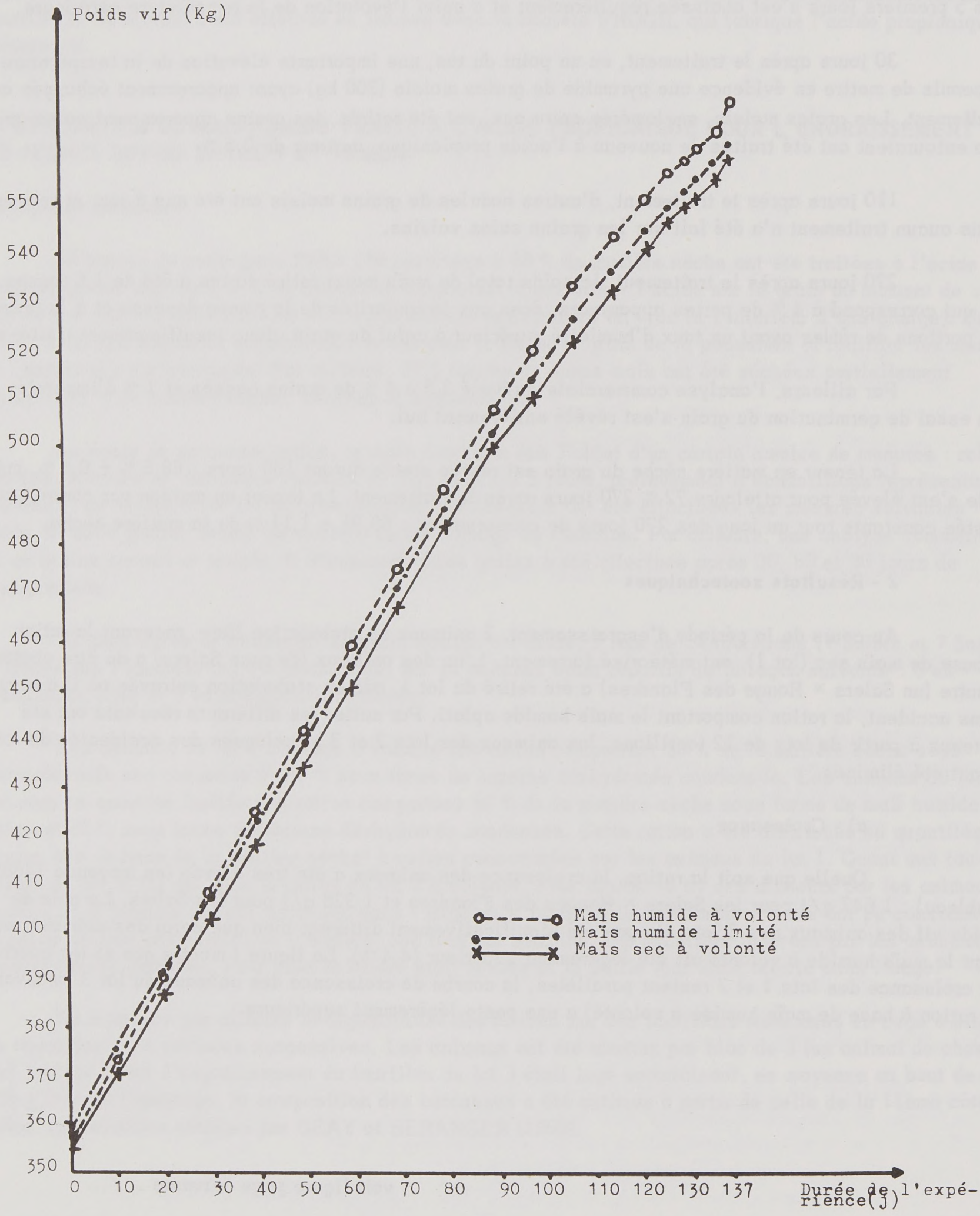
a) - Croissance

Quelle que soit la ration, la croissance des animaux a été très élevée (en moyenne 1488 g/j) (tableau) : 1 647 g/j pour les Salers × Rouges des Flandres et 1 328 g/j pour les Salers. Le gain de poids vif des animaux des 3 lots n'a pas été significativement différent bien que celui des animaux recevant le maïs humide à volonté ait été légèrement supérieur (4,4 %). La figure I montre que si les courbes de croissance des lots 1 et 2 restent parallèles, la courbe de croissance des animaux du lot 3 (recevant la ration à base de maïs humide à volonté) a une pente légèrement supérieure.

voir figure page suivante .../...

FIGURE I

EVOLUTION DU POIDS VIF DES TAURILLONS
AU COURS DE LA PERIODE EXPERIMENTALE



b) - Quantités ingérées

Ainsi que le prévoyait le protocole expérimental, l'ensemble des animaux a bien ingéré la même quantité de matière sèche sous forme de maïs que sous forme de luzerne déshydratée condensée (4,635 kg de M.S. de maïs et 4,638 kg de M.S. de luzerne). Les animaux recevant le maïs humide à volonté ont consommé légèrement plus de matière sèche que ceux recevant le maïs sec (lot1). Les animaux recevant le maïs humide en quantité limitée (lot 2) ont par contre ingéré une quantité légèrement plus faible de matière sèche que celle ingérée par ceux du lot 1, mais les différences entre les lots ne sont pas significatives.

Les quantités de matière sèche ingérées par kg de gain de poids vif ne sont pas non plus significativement différentes d'un lot à l'autre. Elles ont été respectivement pour les lots 1, 2 et 3 de 6,27; 6,36 et 6,06 kg de M.S./kg de gain. Les animaux recevant le maïs humide à volonté ont cependant présenté un indice de consommation légèrement plus faible (3,4 %) que ceux recevant le maïs sec à volonté.

Sur toute la période d'engraissement, les quantités de matière sèche ingérées par 100 kg de poids vif n'ont pas été différentes d'un lot à l'autre (cf. tableau et courbe 2). Les animaux recevant le maïs humide à volonté se sont très bien adaptés à leur ration, aussi bien que ceux recevant le maïs sec.

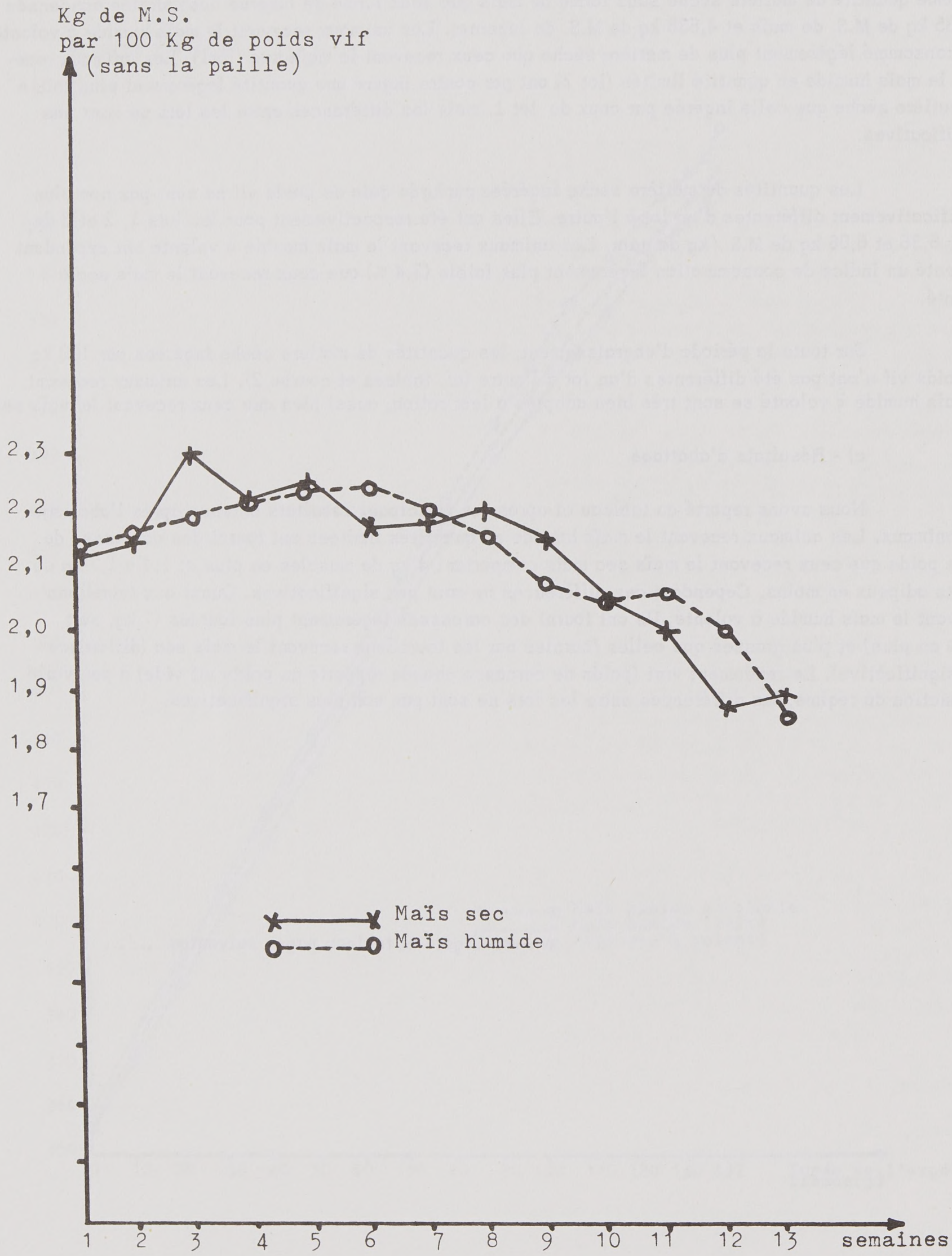
c) - Résultats d'abattage

Nous avons reporté au tableau ci-après les principaux résultats obtenus après l'abattage des animaux. Les animaux recevant le maïs humide en quantités limitées ont fourni des carcasses de même poids que ceux recevant le maïs sec mais comportant 4 kg de muscles en plus et 1,4 à 1,7 kg de dépôts adipeux en moins. Cependant ces différences ne sont pas significatives. Quant aux taurillons recevant le maïs humide à volonté, ils ont fourni des carcasses légèrement plus lourdes (7 kg, soit 2,7 % en plus) et plus grasses que celles fournies par les taurillons recevant le maïs sec (différence non significative). Le rendement vrai (poids de carcasse chaude rapporté au poids vif vide) a peu varié en fonction du régime; les différences entre les lots ne sont pas non plus significatives.

voir figure et tableau pages suivantes .../...

FIGURE II

EVOLUTION DES QUANTITES DE MATIERE SECHE INGEREE
PAR 100 KG DE POIDS VIF PAR DES TAURILLONS ALIMENTES A VOLONTE



TABLEAU

UTILISATION COMPAREE DU MAIS SEC ET DU MAIS HUMIDE PAR LES TAURILLONS A L'ENGRAIS

	ANIMAUX EN STABULATION ENTRAVEE			ENSEMBLE DES ANIMAUX		
	LOT I (Maïs sec)	LOT II (Maïs humide limité)	LOT III (Maïs humide à volonté)	LOT I	LOT II	LOT III
Nombre d'animaux	8	8	8	12	12	12
Durée	147	147	147	139	139	139
Poids à la mise en lot	329,5	329	329	328	332	330
Poids en début d'expérience	356	357	353	354	359	356
Poids à l'abattage	557	557	566	559	561	570
Croissance	1360	1367	1448	1474	1453	1539
Quantités de Matière sèche ingérées						
- Maïs	4,47	4,45	4,43	4,62	4,62	4,67
- Luzerne	4,48	4,45	4,44	4,63	4,62	4,67
- Paille	1,07	1,12	1,02			
TOTAL	10,02	10,02	9,89	9,25	9,24	9,34
M.S./100 kg de poids vif	2,19	2,18	2,14	2,03	2,01	2,02
M.S./kg de gain sans paille	6,58	6,51	6,12	6,27	6,35	6,06
M.S./kg de gain avec paille	7,11	7,17	6,62			
Résultats d'abattage						
Poids vif vide	496	493	497	490	498	500
Poids de carcasse chaude	319	321	325	321,5	323	328,5
Muscles dans la carcasse (en %)	67,3	68,1	66,9	67,3	68,1	67,1
Dépôts adipeux dans la carcasse (%)	13,9	13,3	14,0	13,5	12,9	14,0
Poids de muscles	214,6	218,6	217,4	216,4	220	220,4
Poids de dépôts adipeux	44,2	42,8	45,6	43,5	41,8	46,1

Discussion

Le traitement du maïs humide à l'acide propionique a permis une conservation du grain durant 9 mois, sans diminution de sa teneur en amidon, avec une proportion de pertes relativement faibles. Ces pertes sont vraisemblablement dues à un arrêt de la pulvérisation du grain ou à une diminution momentanée de la dose d'acide ainsi qu'aux impuretés du grain. Le procédé sera donc efficace dans la mesure où la technique de pulvérisation sera tout à fait au point. Sur le plan zootechnique, le traitement n'a pas eu de conséquence fâcheuse. Bien au contraire, l'appétibilité du grain traité a été identique à celle du grain sec et ceci dès le début de la distribution.

Les proportions de maïs et de luzerne n'ont pas toujours été identiques; mais les animaux n'ont pas manifesté une préférence systématique pour l'un des aliments. Bien que les différences ne soient pas significatives, on a noté chez les animaux recevant à volonté le maïs humide une diminution de l'indice de consommation correspondant à un gain de poids vif légèrement supérieur pour des quantités ingérées identiques; l'augmentation légère du poids des carcasses a confirmé cette tendance.

A même quantité de matière sèche ingérée, les animaux recevant le maïs traité n'ont pas fourni des carcasses plus grasses que ceux recevant le maïs sec; ils ont au contraire fourni un peu plus de muscles et un peu moins de dépôts adipeux.

CONCLUSION

Compte tenu de la simplicité de la technique et de la qualité de la conservation, le traitement du maïs humide à l'acide propionique apparaît intéressant. Il reste à préciser les doses optima correspondant aux différents taux d'humidité et à la durée de conservation envisagée.

Sur le plan zootechnique, les animaux consomment et utilisent aussi bien le maïs traité que le maïs sec. Nous avons même constaté une tendance à l'amélioration du gain de poids vif, de l'efficacité alimentaire de la ration et de l'accroissement du poids de muscles, en faveur du maïs traité. Mais les différences observées n'ont pas été significatives. Elles le seraient peut-être devenues si le nombre d'animaux avait été plus important et si la proportion de maïs dans la ration avait été plus élevée.

Sur le plan économique, le choix entre les deux méthodes de conservation du maïs humide (récolté en grain) que nous venons de comparer sera surtout fonction des coûts qu'elles occasionnent.

Les coûts apparents sont facilement chiffrables : coût du conservateur ou coût du séchage artificiel auquel il conviendrait d'ajouter les frais de conditionnement que son emploi en grande quantité exige (broyage et surtout agglomération) qui peuvent atteindre 1 ou 2 F/quintal.

Les autres coûts ne sont pas chiffrables dans un cas général, car ils varient avec les structures, le transport, la dimension, le degré d'organisation des entreprises. Il s'agit des frais de matériel de traitement et des frais des installations de manutention et de stockage ainsi que des frais de main d'oeuvre.

Il conviendrait également de tenir compte des différences de pertes entraînées par les deux méthodes mais qui sont difficiles à estimer sur de petits lots.

Dans la mesure où les coûts des méthodes de conservation apparaîtraient peu différents, la probabilité d'une meilleure efficacité alimentaire du maïs traité à l'acide propionique pourra faire opter pour cette dernière méthode.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BEESON W.M., PERRY T.W., 1958. The comparative feeding value of high moisture corn and low moisture corn with different feed additives for fattening beef cattle. J. Anim. Sci. **17**, 368 - 373.

GEAY Y., BERANGER C., 1969. Estimation de la composition de la carcasse de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal au niveau de la 11ème côte. Ann. Zootech. **18**, 65 - 77.

MAC CAFFREE J.D., MERRILL W.G. 1966. The feeding value of high moisture corn for dairy cows. Cornell. Nutr. 77 - 85.

ZOGG C.A., BROWN R.E., HARSHBARGER K.E., KENDALL K.A., 1961. Nutritive value of high moisture corn when fed with various silages to lactating dairy cows. J. Dairy Sci. **44**, 483 - 490.

ETUDE ECONOMIQUE DU SYSTEME D'ELEVAGE TRADITIONNEL EN RACE SALERS

G. LIENARD (1), G. GINESTE (2), D. DEUDON (3)

Le système d'élevage traditionnellement pratiqué par de nombreux éleveurs ayant des vaches Salers, situés dans les massifs volcaniques du département du Cantal et de certaines zones limitrophes du Puy-de-Dôme, est très particulier (4). Le troupeau de vaches est exploité pour sa production laitière (vendue telle quelle ou transformée en fromage fermier), mais la nécessité de fait de traire les vaches en présence du veau, qui « amorce et égoutte » à chaque traite, oblige à conserver les veaux pendant toute la lactation des mères. Les vêlages étant groupés au printemps, les veaux mâles sont en majorité vendus à l'automne, en « broutards » à des engraisseurs, après tarissement des vaches. Une partie des veaux femelles est vendue à cette même période, le reste étant gardé pour l'élevage ou vendu à 18 ou 30 mois. La production ainsi obtenue est mixte et elle réalise un bon équilibre entre le lait et la viande.

Ce système de production est très exigeant en main-d'œuvre, surtout lorsque le lait est transformé sur place en fromage . Il demande très souvent, pour une bonne organisation du travail de traite, une équipe de trois hommes et donc un troupeau de dimension importante. Son développement a été favorisé par la prédominance des productions fourragères qui couvrent plus de 90 % de la S.A.U. du département et plus de 95 % de celle du G.R.A. des Monts d'Auvergne (5) (tableau I).

(Voir carte au verso)

(1) *Station Centrale d'Economie Rurale et Station de Recherches sur l'Elevage des Ruminants.*

(2) *E.N.S.S.A.A., Dijon.*

(3) *SOMIVAL, Clermont-Ferrand.*

(4) *La race Salers était en 1967 la sixième race française par l'effectif avec 321 000 femelles de souche (2 % du troupeau national). Environ 55 % d'entre elles sont dans le département du Cantal, la majorité du reste étant dans les départements limitrophes. Dans le Cantal, 68 % des bovins sont de race Salers.*

(5) *Le « Groupe de régions agricoles des Monts d'Auvergne » rassemblées dans le département du Cantal, le Bassin d'Aurillac, le massif volcanique du Cantal, le plateau volcanique du Cézallier et les régions granitiques de l'Artense et du Sud-Est Limousin, soit 57 % de la surface fourragère du département et 60 % des bovins du département.*

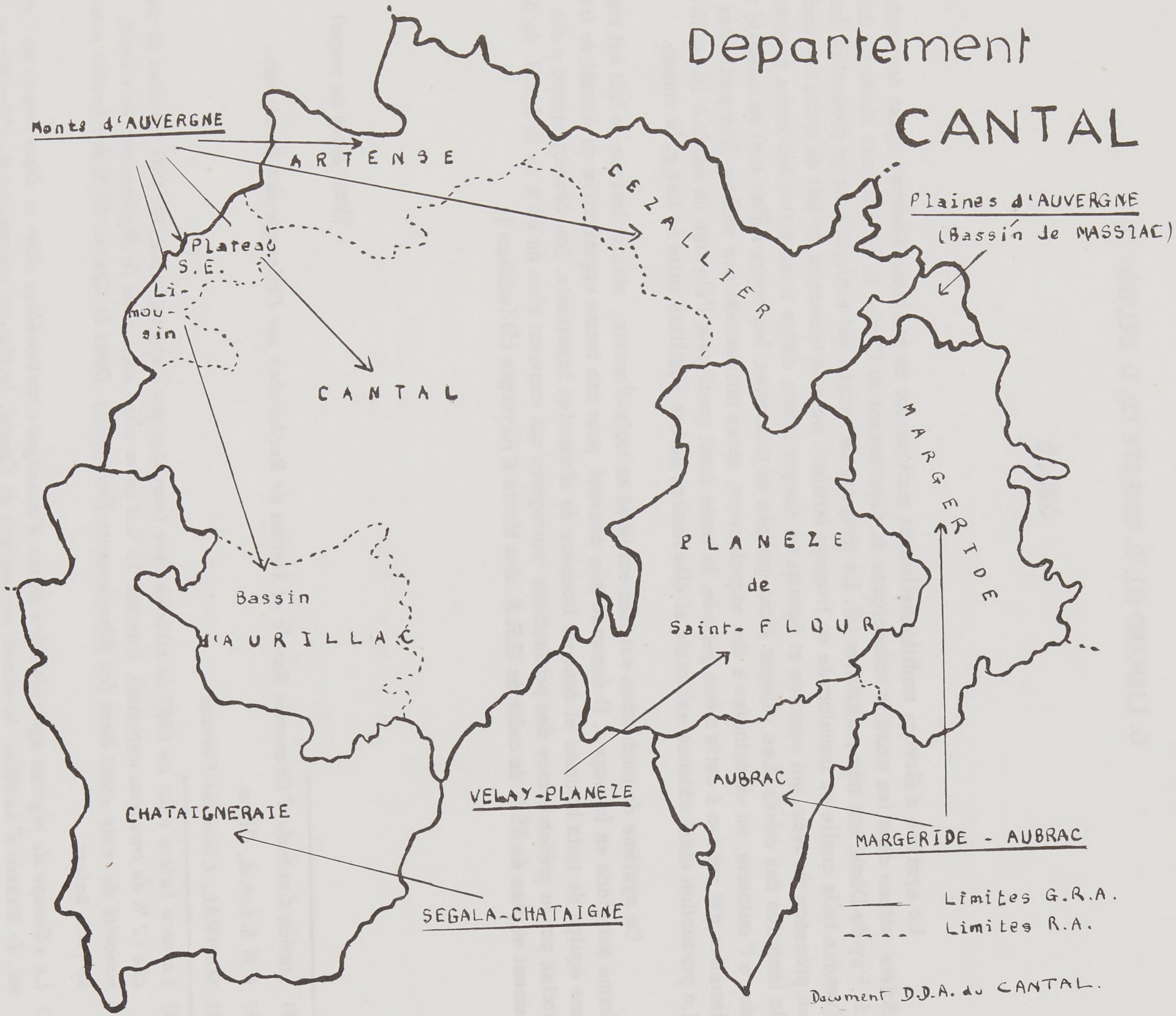

Departement
CANTAL
Monts d'AUVERGNE
ARTENSE
CEZALLIER
Plaines d'AUVERGNE
(Bassin de MASSIAC)
Plateau
S.E.
Li-
mou-
sin
CANTAL
MARGERIDE
Bassin
d'AURILLAC
PLANEZE
de
Saint-FLOUR
VELAY-PLANEZE
AUBRAC
CHATAIGNERAIE
SEGALA-CHATAIGNE
MARGERIDE - AUBRAC
Limites G.R.A.
Limites R.A.
Document D.D.A. du CANTAL.

TABLEAU I

UTILISATION DU SOL

(p. 100 de la SAU)

	Céréales	Surface fourrages				Autres cultures	Total SAU
		Fourrages cultivés	Prairies naturelles	Parcours	Total SF		
Département du Cantal	7,7	10,7	63,2	16,8	90,8	1,5	100
G.R.A. des Monts d'Auvergne cantaliens (1)	3,4	5,5	73,0	17,3	95,7	0,9	100
France entière	29,8	18,2	34,2	5,9	58,4	11,8	100

(1) G.R.A. : Groupement de Régions Agricoles. Source : enquête C.E.E. 1967, SCEES

Richesse naturelle des sols, abondante pluviométrie et possibilité d'exploiter des estives (entre 1100 et 1600 m), permettent aux exploitations d'avoir un bon chargement en cheptel. Surtout, le maintien du système traditionnel est rendu possible par la bonne structure des exploitations du département et particulièrement de celles du G.R.A. des Monts d'Auvergne (tableau II). L'étable moyenne de cette zone comportait en effet, au 1/1/67, 32 bovins dont 14 vaches, contre 26 bovins dont 13 vaches dans l'étable moyenne cantalienne, et 16 bovins dont 7,4 vaches dans l'étable moyenne française (tableau III). Pour l'ensemble du département, 41 % des vaches étaient, au 1/1/69, dans des étables de plus de 20 vaches, contre 21 % seulement pour l'ensemble de la France ; cette proportion est encore plus élevée pour le G.R.A. des Monts d'Auvergne.

TABLEAU II

REPARTITION DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DE 5 HA SAU
ET PLUS SELON LEUR SUPERFICIE, ET SURFACE MOYENNE

	Importance des classes de SAU (p. 100)					Taille moyenne des exploitations > 5 ha (ha)
Classe de taille (ha)	5 à 9,9	10-19,9	20-49,9	< 50	Ensemble	
Département du Cantal	16,4	32,4	40,3	10,4	100	27,6
G.R.A. des Monts d'Auvergne cantaliens	14,4	27,2	42,6	15,8	100	32,6
France entière	25,6	34,3	31,0	9,1	100	24,8

Source : Enquêtes C.E.E. 1967, SCEES

.../...

TABLEAU III

DIMENSION DU TROUPEAU BOVIN

Répartition (en p. 100) des exploitations ayant des bovins et
répartition (en p. 100) des vaches en fonction de la taille de l'étable (en nombre de vaches). Taille moyenne des étables.

	Taille de l'étable en nombre de vaches présentes au 1er Janvier							Taille moyenne des étables	
	0	1 à 9	10 à 14	15 à 19	20 à 29	> 30	Ensemble	Tous bovins (NB)	Vaches (RL ≠0) (NB) (2)
Département du Cantal									
1967 Nombre d'exploitations	-	44,1	24,4	13,4	11,8	6,3	100	26,0	13,0
1967 Nombre de vaches	-	19,6	23,2	16,8	20,9	19,5	100		
1969 (1) Nombre d'exploitations		38,7	29,4	12,6	12,0	6,7	100		
1969 (1) Nombre de vaches		16,3	26,0	16,2	21,0	20,5	100		13,6
France entière									
1967 Nombre d'exploitations	6,1	65,7	17,6	6,2	3,4	1,0	100	16,3	7,4
1967 Nombre de vaches	0	42,6	27,7	13,8	10,6	5,3	100		
1969 (1) Nombre d'exploitations	4,1	61,4	19,8	8,3	4,9	1,5	100		8,4
1969 (1) Nombre de vaches	0	35,3	27,3	16,4	13,4	7,6	100		

Source : enquêtes bovines 1967 et 1969 : SCEES

(1) Résultats provisoires

le tableau est établi pour donner des indications sur la répartition des étables par taille. Le lecteur s'abstiendra de tirer, avant toute publication définitive par le SCEES, des conclusions sur l'évolution qui pourrait apparaître entre les deux années (en particulier pour les étables de grande dimension , car les erreurs alétoires de sondage sont d'autant plus importantes que les effectifs par classe sont plus faibles).

(2) RL ≠ 0 : Rang de lactation différent de zéro.

Le système traditionnel a des atouts économiques solides, comme nous le verrons dans la suite de cette étude. Cependant, ses exigences en main-d'oeuvre amènent certains éleveurs à le remettre en question. Quelques uns se spécialisent vers le lait, ce qui se traduit d'abord par l'abandon de l'exploitation des estives par le troupeau de mères, mais ensuite, les difficultés de traite demeurant, l'éleveur adopte souvent une race laitière spécialisée (6). D'autres au contraire s'orientent vers l'exploitation du troupeau en vaches allaitantes, solution technique satisfaisante grâce aux qualités des vaches Salers (fécondité, aptitude au croisement, bonne valeur laitière). Cette orientation a fait l'objet de nombreux travaux expérimentaux à l'I.N.R.A., au C.R.Z.V. (M. PETIT) ou à Marcenat (H. TARTIERE), qui ont été prolongés par des observations faites par le C.E.R.A.F.E.R. Auvergne Limousin, le S.U.A.E. du Cantal la S.O.M.I.V.A.L. et l'I.T.E.B..

Face à ces questions, il paraissait nécessaire de faire le point des résultats économiques obtenus par les exploitations pratiquant le système traditionnel. Un certain nombre d'études techniques ont déjà été réalisées par les organisations départementales du Cantal (S.U.A.E., Coopératives d'élevage, D.D.A., C.E.R.). Cependant, nous ne disposions pas d'études systématiques d'ensemble déterminant les résultats économiques globaux obtenus par les exploitations et plus particulièrement par les exploitations de grande dimension, qui sont les plus aptes à se reconvertir vers un système sans traite. Peu d'exploitations de ce type étaient en effet suivies par les Centres d'Economie Rurale en 1968, dans ces régions volcaniques du Cantal et du Puy-de-Dôme.

C'est pourquoi nous avons procédé, en liaison avec le C.E.R. du Cantal, pendant l'hiver 1968/69, à une enquête auprès d'un certain nombre d'exploitations en système traditionnel et ayant plus de 30 ha. Nous avions deux objectifs :

- faire le point des résultats économiques globaux obtenus,
- préparer, par les références technico-économiques calculées et concernant la race, les exploitations et la région, une étude sur modèle des conditions de développement de la production de viande avec la race Salers, en zone herbagère. Cette étude fera suite à celle déjà entreprise pour la zone Aubrac.

Pour réaliser ce double objectif, nous devions procéder à une enquête assez fine. Il n'était pas possible de réaliser une enquête aléatoire, statistiquement représentative. Nous avons été amenés à rencontrer des exploitants, suivis par des conseillers agricoles, et dont le niveau technique était supérieur à la moyenne. **Les résultats économiques recueillis ne sont donc pas représentatifs de la moyenne générale** des exploitations de la région. Ils représentent les résultats obtenus par des exploitations pratiquant le système de production étudié avec de bonnes performances techniques. De même, nous avons été amenés, pour faciliter l'étude, à ne retenir que des exploitations n'ayant pas de moutons et ayant une production porcine qui ne soit pas basée sur des achats importants d'aliments.

I - METHODE D'ETUDE

a) - L'enquête et la constitution de l'échantillon étudié

Grâce à l'aide du C.E.R. du Cantal et de trois directeurs de C.F.P.A. du Cantal, MM. BURANDE, FLORET et THORREND, nous avons pu visiter 39 exploitations.

---

(6) *« Les résultats économiques comparés de trois races laitières dans le Cantal ». Centre d'Economie Rurale du Cantal, 1970.*

Pour constituer un groupe homogène, nous avons dû éliminer de notre première analyse un certain nombre d'exploitations, soit parce qu'après enquête elles se révèlaient pratiquer un système de production «non traditionnel», soit parce qu'elles se trouvaient dans des régions peu représentées dans notre ensemble (Châtaigneraie, Bassin d'Aurillac, zone granitique de l'Artense), soit parce que les enquêtes étaient incomplètes.

Nous avons finalement retenu un groupe de 24 exploitations de plus de 30 ha de surface, situées en zone volcanique d'altitude (plus de 600 m, altitude moyenne 950 m), dans les régions agricoles du Cézallier, du Massif du Cantal (secteurs de Riom et Murat) et dans les secteurs volcaniques de l'Artense (commune du Monteil).

Les exploitations étudiées diffèrent par le mode de commercialisation du lait, certaines livrant leur lait directement à la laiterie, d'autres le transformant en fromage (Cantal ou Saint-Nectaire, ou les deux). Cette option influençant fortement la main-d'oeuvre nécessaire et les résultats technico-économiques, nous avons basé notre étude sur l'analyse comparative des deux sous-groupes ainsi différenciés :

- un sous-groupe «lait», comprenant 14 exploitations,
- un sous-groupe «fromage», comprenant 10 exploitations.

b) - Dépouillement de l'enquête et définitions adoptées

Les comptes d'exploitation ont été établis selon la méthode des Centres d'Economie rurale. L'exercice étudié correspond à l'année 1968. Nous avons cependant été conduits à préciser certaines définitions dont nous ne donnerons ici que les principales.

Critères de surface utilisés

Sur le plan méthodologique, la définition du territoire agricole se heurte à un certain nombre de difficultés venant de la **présence des pâturages d'estive.** Certaines exploitations parmi les plus basses en altitude ont une «montagne» où les éleveurs envoient une fraction du troupeau une partie de l'été (fin mai à fin septembre). L'exploitation de cette montagne est souvent extensive par suite de l'éloignement, de la nécessité de monter et de descendre les bêtes à dates fixes, et de l'impossibilité d'adapter surface et importance du troupeau pendant la saison et selon la quantité d'herbe présente. Les deux catégories de surfaces, surface «de base» et «montagne», sont dans ce cas nettement distinctes et se caractérisent par une production fourragère très différente.

En revanche, pour certains élevages situés plus haut en altitude, la «montagne» est beaucoup plus proche et elle est souvent mieux utilisée, car elle peut parfois être exploitée en rotation avec les autres parcelles de l'exploitation «de base». Enfin, il arrive, pour les exploitations à la limite de l'habitat permanent, que la montagne soit incluse dans l'exploitation elle-même, et ne se distingue plus des autres «pacages».

Ceci nous conduit à dinstinguer :

- **la montagne pacage** qui est la montagne incluse dans l'exploitation, ou suffisamment proche pour que son utilisation se fasse en rotation avec l'ensemble des autres parcelles de l'exploitation. Nous l'avons incluse dans la «S.A.U. de base» (S.A.U.B.).

- **la montagne vraie** qui est nettement séparée de l'exploitation «de base» et dont l'utilisation est distincte et faite par un troupeau autonome. Nous l'avons exclue de la S.A.U.B., mais nous avons utilisé la notion de S.A.U.B.M. qui est la somme de la S.A.U.B. et de la montagne (sans coefficient de pondération). Nous avons utilisé comme critère de comparaison cette dernière notion.

En résumé, voici la définition des termes utilisés :

S.A.U.B. = Terres labourées + prés naturels de fauche + pacages ou pâturages + «montagnes pacages»

S.A.U.B.M. = S.A.U.B. + montagne vraie

S.A.U. pondérée = S.A.U.B. + surface de montagne pondérée

Surface de montagne pondérée = nombre U.G.B. en estive × surface fourragère utilisée par une U.G.B. nourrie en bas (7).

Evaluation du cheptel produit

Nous avons évalué le cheptel produit par l'exploitation en «unité Vache Salers» (U.V.S.) qui correspond à la consommation annuelle d'une vache Salers type (550 kg - 2500 l), soit 0,90 U.G.B à 3 000 U.F. Ceci a l'avantage d'exprimer facilement les résultats du troupeau par rapport aux vaches mères.

II - RESULTATS

a) - Les moyens de production (tableau IV au verso)

Surface

Les deux sous-groupes ont des surfaces très différentes.

Le groupe fromage a une S.A.U.B. de 103 ha et en moyenne 14 ha de montagne. (En réalité dans le groupe, 4 exploitations sur 10 ont une montagne, qui représente en moyenne 34,5 ha soit 26 % de leur S.A.U.B.M.).

Le groupe lait, qui n'a pas de montagne vraie, a une S.A.U.B. de 47 ha. Bien que ce groupe soit constitué d'exploitations ayant toutes plus de 30 ha, cette surface est à rapprocher de celle de 46 ha obtenue par l'enquête sur les «structures des exploitations en 1967», du Ministère de l'Agriculture, pour les exploitations de plus de 20 ha (54 % du total) appartenant au G.R.A. des Monts d'Auvergne.

Importance du troupeau

Pour des exploitations dont la surface fourragère occupe près de 99 % de la S.A.U., la véritable dimension de l'exploitation est donnée par celle du troupeau : les étables du groupe lait ont en moyenne 33 vaches (et au total 56 U.V.S.) ; celles du groupe fromage ont en moyenne 58 vaches et 98 U.V.S. au total).

Main-d'oeuvre

Le nombre de travailleurs est deux fois plus élevé dans les exploitations fromagères : elles ont en moyenne deux salariés permanents de plus et font davantage appel à de la main-d'oeuvre temporaire (pour les foins surtout), par suite de l'importance du travail exigé par la fabrication du fromage.

Aussi la surface disponible par travailleur, qui est de 20,2 ha S.A.U.B. pour le lait, n'est pas très supérieure pour le groupe fromage (10 % de plus seulement). En revanche, comme on pouvait s'y attendre, **le nombre d'U.V.S. soignées par travailleur** est légèrement supérieur dans le groupe lait : 24 U.V.S. par U.T.H. contre 21 pour le groupe fromage (**ou 14,3 vaches et la suite** pour le groupe lait et **12,5 vaches et la suite** pour le groupe fromage).

Capital cheptel vif et mort

Nous n'avons pu saisir, lors de l'enquête, que le capital cheptel vif et mort.

---

(7) Ainsi une exploitation ayant consacré 1,30 ha de surface fourragère «de base» par U.G.B., ayant en outre une montagne de 50 ha exploitée par l'équivalent de 20 U.G.B., aurait une «surface de montagne pondérée» de 20 × 1,30 soit 26 ha.

TABLEAU IV

CARACTERISTIQUES GENERALES DES EXPLOITATIONS ETUDIEES

	Système LAIT	Système FROMAGE
Nombre d'exploitations	14	10
I - SURFACE		
. Surface agricole utile de base (SAUB)	47,33 ha	103,74 ha
. Surface agricole base + montagne (SAUBM)	47,33 ha	117,64 ha
. SAUB (p. 100) / SAUBM	100	88,1
II - DIMENSION DU TROUPEAU BOVIN		
. Nombre de vaches présentes par exploitation	33	58
. Nombre d'UVS par exploitation	56	98
III - MAIN-D'OEUVRE		
. Nombre UT totaux par exploitation	2,35	4,61
dont : - UT salarié permanent (p. 100)	30,0	58,4
- UT salarié temporaire (p. 100)	6,1	13,0
. Ha SAUB/UTH totaux	20,25	22,50
. Ha SAUBM/UTH totaux	20,25	25,40
Nombre de vaches par UTH	14,3	12,5
Nombre d'UVS par UTH	24,0	21,2
IV - REPARTITION DU TERRITOIRE EN P. 100 DE LA SAUBM		
Céréales	0,9	0,3
Fourrages cultivés	3,5	0,4
TOTAL terres labourées	4,5	0,7
Prés de fauche	49,0	39,1
Pacage et montagne pacage	46,5	48,4
Montagne vraie	0	11,8
TOTAL STH (B + M)	95,5	99,3
TOTAL SAU (B + M)	100	100
Surface fourragère de base (SFB)	99,0	87,8
Surface fourragère de base + montagne (SFBM)	99,0	99,7
V - CAPITAL D'EXPLOITATION		
Cheptel vif bovin/ha SAUBM (F)	1 721	1 323
Cheptel vif total/ha SAUBM (F)	1 831	1 400
Matériel/ha SAUBM (F)	575	297
TOTAL Cheptel vif et mort/ha SAUBM (F)	2 407	1 697
Emprunts d'exploitation (1)/ha SAUBM (F)	300	186
Emprunts d'exploitation p:100 du cheptel vif et mort	12,4	9,6

(1) Emprunts bâtiments et fonciers exclus

A l'hectare, le capital cheptel vif est supérieur de 30 % dans le groupe lait, par suite de la charge en cheptel plus élevée (voir plus loin)..Pour le matériel, l'écart est beaucoup plus important (+ 90 %), car l'équipement est presque le même quelle que soit la surface ; il est représenté en grande majorité par le matériel de récolte des foins. Seul le nombre de tracteurs augmente avec la surface (mais le plus souvent avec des tracteurs d'occasion).

Ramené au travailleur, le capital cheptel vif et mort est légèrement plus élevé dans le groupe lait : 48 700 F par U.T.H. contre 43 200 F dans le groupe fromage, principalement par suite de la différence du cheptel soigné par travailleur.

b) - Les productions bovines et fourragères (tableau V au verso)

Les résultats économiques sont déterminés, en grande partie, par les résultats techniques obtenus sur le troupeau bovin et par le chargement des surfaces fourragères.

1 - Les performances du cheptel vache

Nous avons évalué la **production laitière** des vaches de deux façons : d'une part, à partir de la production commercialisée autoconsommée, et en estimant la consommation des veaux selon la méthode d'élevage employée (nombre de quartiers laissés au veau, selon l'époque de l'année et selon le sexe du veau) ; d'autre part, en utilisant les resultats du contrôle laitier, la plupart des exploitations étudiées étant adhérentes à cet organisme. Les deux méthodes ont donné des résultats voisins (moins de 5 % d'écart).

Notons pour l'ensemble des exploitations étudiées un niveau de production relativement élevé puisque la moyenne économique par vache se situe entre 2800 et 2900 l de lait (les résultats du contrôle laitier, analysés par G. OUILON, étaient en 1957 de 2750 l par **lactation**). Les résultats du groupe lait sont légèrement supérieurs à ceux du groupe fromage (+ 6 %) mais l'écart ne doit pas être significatif.

2 - Les performances de reproduction sont comparables ; dates moyennes de vêlage très proches, très bon intervalleentre vêlages (360 j) et bon niveau de fertilité des vaches (mesuré par le nombre de veaux nés par vache).

Cependant, nous avons observé une différence dans le **taux de mortalité des veaux** qui paraît assez importante : 6 % de perte dans le groupe lait, 12,3 % dans le groupe fromage (dans celui-ci, 4 éleveurs sur 10 ont un taux de perte supérieur à 15 %). Est-il dû au moindre soin apporté aux veaux dans les étables où la production économique dominante est le fromage (58 vaches par exploitation contre 33) ? Cette première observation serait à confirmer sur un plus grand nombre de données.

Les veaux étant rarement remplacés, **le nombre total de veaux sevrés** par vache est plus élevé dans le groupe lait (1 veau par vache contre 0,96).

En revanche, taux de réforme et taux de renouvellement sont comparables dans les deux troupeaux (18 à 19 % pour le premier - 21 à 23 % pour le second ; ce qui traduit un léger accroissement des cheptels).

3 - Composition du troupeau et système de production élevage

L'importance des élèves dans le troupeau est à peu près la même dans les deux groupes : l'ensemble des élèves représente ainsi **40 % des U.V.S.** pour l'année 1968.

La destination des veaux est également comparable bien que celle-ci soit assez difficile à juger sur une seule année. La seule génération pour laquelle nous avons des indications assez complètes est celle du « vêlage 1967 » (vêlages entre le 1/9/1966 et 1/9/1967). La majorité des mâles

TABLEAU V

PRODUCTIONS FOURRAGERE ET BOVINE

(Exercice 1968)

	Système LAIT	Système FROMAGE
I - CHARGEMENT SURFACE FOURRAGERE		
. UVS (en propriété) / ha SFB + M (Nombre)	1,20	0,85
. UVS (nourries sur SFB + M) / ha SFB + M (Nombre)	1,17	0,84
. UVS (nourries en bas) / ha SFB (Nombre)	1,17	0,90
. UVS (nourries en montagne) / ha montagne (Nombre)	-	0,47
II - STRUCTURE DU TROUPEAU BOVIN		
. Nombre de vaches nourries par exploitation	33,2	57,9
. Nombre de vaches nourries / 100 ha SFB + M	71,0	49,3
. Nombre UVS élevés par vache nourrie	0,67	0,69
III - CRITERES TECHNIQUES		
. Lait produit par vache nourrie dont :	2 970 l	2 800 l
- lait vendu	2 236 l	2 150 l
- lait autoconsommé	26 l	60 l
- lait bu par les veaux	710 l	590 l
. Lait produit par ha SFBM	1 640 l	1 420 l
. p. 100 des vêlages en janvier - février - mars	72	77
. Date moyenne de vêlage	6 Mars	2 Mars
. Intervalle entre vêlages	360 jours	360 jours
. Nombre de veaux nés pour 100 vaches nourries	106,7	107,1
. Nombre de veaux achetés pour 100 vaches nourries	0,4	2,6
Taux de pertes global des veaux (p. 100)	6,0	12,3
Nombre de veaux nés sevrés / 100 vaches nourries	100,6	93,5
Nombre de veaux (nés + achetés) sevrés / 100 vaches nourries	100,8	96,1
. Taux de réforme (p. 100)	18	19
. Taux de renouvellement (p. 100)	23	20,9
IV - CRITERES ECONOMIQUES (en Francs)		
. Produit lait / UVS	555	715
Produit viande + élevage / UVS	589	542
Produit bovin total / UVS	1 143	1 258
Produit bovin total / ha SFBM	1 389	1 078
Produit bovin total / ha SF «pondéré»	1 389	1 185
Dépense d'aliment concentré / UVS (acheté + céréales produites)	100	106
TOTAL frais directs (culture comprise) / UVS	193	177
. MARGE BRUTE par UVS	950	1 081
. MARGE BRUTE par ha SFBM	1 135	912
. MARGE BRUTE par ha SF «pondéré»	1 135	1 000

(plus de 90 %) a été vendue en jeunes bovins à engraisser, entre 7 et 10 mois, dans toutes les exploitations. La destination des femelles est assez comparable en moyenne entre les deux groupes : environ 5 % sont vendues avant 3 mois (ventes avec mères pour cause de sélection ou par suite de vêlage trop tardif, quelques veaux de boucherie), 20 à 25 % sont vendues à 9 mois et 20 à 25 % sont encore vendues à 18 mois, le reste étant conservé pour le renouvellement ; dans l'ensemble étudié, très peu de vente de génisses à 30 mois (elles sont faites pour des motifs de sélection et sont compensées par des rachats (8)). En réalité, la destination des génisses est très variable d'une exploitation à l'autre, certains vendant plus de la moitié à 9 mois et d'autres les gardant toutes le premier hiver. En effet, cette orientation ne dépend pas du mode de commercialisation du lait mais de l'importance relative de certaines surfaces d'estive ou de pacages qui ne peuvent être exploitées aisément que par un troupeau de génisses.

4 - Le chargement de la surface fourragère

Le chargement à l'hectare de la surface fourragère totale (S.F.B.M.) est nettement supérieur dans le groupe lait (+ 40 %). Cette différence provient en partie du fait que les exploitations à fromage ont recours à la montagne dont le chargement est inférieur à la moyenne.

Si on calcule le chargement en cheptel réellement nourri sur la surface «de base», l'écart en faveur du groupe lait reste élevé (+ 30 %).

Cette différence de chargement est due à une intensification fourragère plus poussée dans les exploitations du groupe lait, qui, plus petites et valorisant moins bien leur lait, en ressentent davantage la nécessité économique ; elles ont davantage de fourrages cultivés (voir tableau IV), une fertilisation plus importante (deux fois plus d'acide phosphorique, cinq fois plus d'azote à l'hectare), une meilleure exploitation des prairies (davantage de pâturages rationnés).

5 - Résultats économiques du troupeau et de la surface fourragère

A l'U.V.S., le produit lait est plus élevé dans le groupe fromage (+ 30 %) par suite de la meilleure valorisation du lait par le fromage (0,48 à 0,50 F le litre contre 0,413 F pour la vente en laiterie), Le produit viande-élevage est plus élevé dans le groupe lait (+ 9 %), en grande partie par suite de la différence dans le nombre de veaux sevrés par vache, puisque les systèmes de production élevage sont voisins.

Le produit bovin global par U.V.S. reste plus élevé dans le groupe fromage (+ 10 %), par suite de la prépondérance du produit fromage. Les charges proportionnelles étant du même ordre, la marge brute par U.V.S. est également plus élevée dans le groupe fromage (+ 14 %).

A **l'hectare de surface fourragère,** le chargement supérieur du groupe lait l'emporte sur la meilleure valorisation du lait par le groupe fromage, de telle sorte que le produit bovin global et la marge brute à l'ha SF sont plus élevés dans le groupe lait (+ 25 % pour la marge brute à l'ha S.F.B.M., + 13,5 % pour la marge brute à l'ha SF «pondérée»).

Mais qu'en est-il au niveau global de l'exploitation ?

c) - Les résultats économiques globaux (tableau VI au verso)

Ces résultats peuvent se rapporter à l'hectare de surface ou au travailleur.

---

(8) Il n'en aurait pas été de même si nous avions analysé des élevages du Bassin d'Aurillac où les ventes de génisses de 30 mois pour l'élevage sont importantes.

TABLEAU VI

RESULTATS ECONOMIQUES GLOBAUX

(Exercice 1968)

	Système LAIT		Système FROMAGE	
I - RESULTATS ECONOMIQUES (en francs)				
. Produits d'exploitation/ha SAUBM	1 497		1 223	
. Charges réelles totales (1)/ha SAUBM	981		825	
. Revenu agricole familial/ha SAUBM	516		298	
. Revenu agricole de l'entrepreneur/ha/ SAUBM	460		288	
. Revenu agricole + salaires payés/ha SAUBM	692		580	
. Produit d'exploitation/UT totaux	31 200		28 080	
. Revenu agricole familiale/UT familiaux	17 500		22 065	
. Revenu agricole + salaires/UT totaux	14 500		14 100	
II - DECOMPOSITION DU PRODUIT D'EXPLOITATION (P E)	F/ha SAUBM	p. 100	F/ha SAUBM	p. 100
1/ - Produit végétal	- 4,6	- 0,3	1,2	0,1
2/ - Produit bovin total	1 347,3	90,0	1 057,2	94,1
dont : - viande + élevage	690,8	46,2	449,4	40,0
- lait	656,5	43,8	607,8	54,1
3/ Produit porc	140,4	9,4	55,3	4,9
4/ Divers	13,9	0,9	9,3	0,9
TOTAL	1 497	100	1 123	100
III - DECOMPOSITION DES CHARGES REELLES	F/ha SAUBM	p. 100	F/ha SAUBM	p. 100
1/ - Charges **OPERATIONNELLES**	314,3	32,0	188,4	22,8
dont : - engrais	28,1	2,8	14,4	1,7
- aliments concentrés achetés	174,6	17,8	114,2	13,8
- vétérinaire	28,6	2,9	16,5	2,0
2/ - Charges **STRUCTURES (1)**	666,5	68,0	637,0	77,2
dont - main d'oeuvre salariée	198,1	20,2	318,2	38,5
- impôt foncier + fermage (payé)	175,8	17,9	170,1	20,6
- frais financiers	15,9	1,6	9,8	1,2
- amortissement matériel	98,7	10,1	52,0	6,3
TOTAL 1 + 2	980,8	100	825,4	100
Charges réelles totales p. 100 produit d'exploitation	65,5		73,5	

(1) Sans la rémunération des aides familiaux

1 - Résultats à l'hectare

- Le produit global à l'ha S.A.U.B.M. est plus élevé dans le groupe lait (+ 33 %) que dans le groupe fromage. Ceci est dû :

. au produit total bovin plus élevé à l'ha S.A.U.B.M. (+ 27 %) ;
. au produit porc par ha, 2,5 fois plus élevé dans le groupe lait.

- les charges réelles à l'ha S.A.U.B.M. sont également plus élevées dans le groupe lait mais dans une moindre proportion (+ 19 %). Surtout, la structure de ces charges est fort différente :

. les exploitations du groupe lait dépensent beaucoup plus en charges «directement productives», avec 68 % de charges opérationelles supplémentaires, représentées en majorité par les achats d'aliments du bétail (+ 50 %), les engrais (+ 100 %), les frais d'élevage ;

. en revanche, malgré la différence de surface, les charges de structure à l'hectare sont de la même importance dans les deux groupes, autour de 650 F/ha : mêmes charges foncières (impôt + fermage), davantage d'amortissement du matériel dans le groupe lait, mais importance beaucoup plus grande des frais de main-d'oeuvre salariée à l'ha dans le groupe fromage (+ 60 %).

- le revenu : de ce fait, le revenu agricole de la famille est, à l'ha, nettement plus élevé dans le groupe lait (+ 70 %).

Mais ce résultat est obtenu avec des charges de travail familiales différentes. Si on déduit du revenu agricole les charges représentées par le travail des aides familiaux, nous obtenons «le revenu de l'entrepreneur» et, à l'hectare, ce revenu reste encore nettement en faveur du groupe lait (+ 60 %).

Cependant, pour saisir la rémunération du travail global (indépendamment de la proportion de salariés permanents et surtout de leur niveau de salaire, qui varie d'une exploitation à l'autre), nous préférons utiliser la notion de «revenu agricole (de la famille) + salaires payés (+ nourriture et avantages)». Dans ces conditions, et avec ce critère qui reflète mieux le degré d'intensification obtenu, le revenu global reste à l'ha supérieur de 20 % dans le groupe lait.

2 - Résultats par travailleur

Ramené au travailleur, le produit reste légèrement plus élevé dans le groupe lait (+ 10 %). Mais il est obtenu avec des charges légèrement plus importantes et les **revenus globaux par travailleurs totaux** (revenu agricole + salaires et avantages par U.T.H. totaux) **sont finalement très proches** dans les deux groupes : 14 500 F dans le groupe lait et 14 100 F dans le groupe fromage.

N.B. - Bien entendu, le revenu agricole par U.T.H. familial reste supérieur dans le groupe fromage, puisque les salaires et avantages par travailleur salarié sont inférieurs au revenu global par travailleur, à juste titre du fait que la terre et les capitaux propres apportés par l'entrepreneur doivent être rémunérés. Mais cet écart se réduira progressivement avec l'augmentation des salaires.

III - CONCLUSIONS

La comparaison entre les deux groupes étudiés montre que les exploitations ayant opté pour la vente du lait en nature, de surface plus réduite, sont conduites plus intensivement que celles transformant leur lait en fromage ; elles ont davantage de cheptel à l'hectare de surface fourragère, et, malgré une moindre valorisation du lait que celle permise par le fromage, elles obtiennent, grâce à un produit élevage légèrement plus élevé (moins de pertes de veaux), une marge brute à l'ha de surface fourragère plus forte. Le travail exigé par le fromage est plus important que par le lait et le nombre de têtes de bétail soignées par travailleur est moins élevé dans le système fromage que dans le système lait, mais la

marge brute par tête de bétail est légèrement plus forte avec le fromage. Finalement, le résultat économique global obtenu par travailleur, qu'il soit familial ou salarié (jugé par le «revenu agricole + salaires et avantages» par U.T.H. totaux) est pratiquement identique dans les deux systèmes. Bien entendu, les résultats économiques obtenus par «l'entrepreneur» sont plus élevés dans le système fromage (+ 25 %) du fait de la surface très différente mise en jeu par les deux types d'exploitations.

Sur le plan économique, les résultats observés dans les deux cas sont assez «solides». Face à une augmentation du prix de la main-d'oeuvre, qui est un des facteurs économiques primordiaux du système traditionnel, les exploitants du système lait peuvent répondre par une intensification accrue de leurs productions fourragère et bovine, car les marges de progrès, d'après les conseillers agricoles locaux, sont à peine «entamées». L'exemple du domaine de Marcenat est là pour le montrer.

Les possibilités d'adaptation des fromagers sont encore plus grandes. Les uns pourront opter pour une intensification de leur propre système, en améliorant leur production fourragère et en perfectionnant éventuellement leur système de vente (vente directe). Cette tendance sera sans doute celle des producteurs les plus importants, véritables «spécialistes» du fromage Haute-Montagne, qui ont une exploitation suffisamment grande pour conserver l'emploi d'une équipe importante et consacrer suffisamment de temps à la commercialisation de leurs produits. Les autres pourront opter pour la réduction de leur main-d'oeuvre et passer à la vente du lait, tout en intensifiant leur surface fourragère.

Dans les deux cas, les éleveurs du système traditionnel peuvent augmenter leur produit viande en utilisant en partie le croisement industriel. Cette pratique se développe d'ailleurs depuis deux ans parmi eux.

Seul le départ lui-même de la main-d'oeuvre, refusant les conditions de travail pénibles qu'exigent le système traditionnel et sa méthode de traite, pourrait amener certains éleveurs à abandonner celle-ci et les inciter à passer à un système de vaches allaitantes par exemple. Ceci est prévisible et se constate déjà chez certains jeunes exploitants.

Il existe d'ailleurs actuellement de nombreux intermédiaires entre le système d'élevage traditionnel et l'exploitation du troupeau en vaches allaitantes. Certains éleveurs ne font plus qu'une traite par jour pendant la période des foins, d'autres suppriment complètement la traite pendant cette période. D'autres enfin traient seulement pendant l'hiver et le début du printemps et cessent complètement lorsque les vaches montent en montagne (système «demi-poulain»). Dans tous les cas, la perte de lait (qui se produit au moment où celui-ci est le moins cher) est partiellement compensée par une meilleure croissance et une meilleure qualité des veaux. L'organisation de la commercialisation des veaux «maigres» entreprise depuis quelques années par le Groupement de Production «Elevage Bovin» du Cantal (créé en 1966), permet une meilleure valorisation des veaux et incite à augmenter leur poids et leur qualité.

Cette évolution pourrait cependant être accélérée si l'écart économique séparant systèmes de production à base de traite et systèmes de production sans traite était réduit, en premier lieu grâce à la mise au point de systèmes d'élevage améliorés sur le plan technique (croisement industriel , réduction des pertes de veau, allaitement de deux veaux par vache avec adoption ou avec naissances gémellaires, synchronisation des chaleurs, etc...). Il serait d'autre part nécessaire d'obtenir une revalorisation ou un soutien du prix des veaux allaités de plus de 6 mois mâles et femelles. En effet, si sur le plan technique, le passage d'un système d'élevage à l'autre ne pose pas de problèmes insurmontables (en particulier l'époque de vêlage n'est pas à changer), la croissance du troupeau qu'exigent le système de production sans traite et les problèmes de trésorerie et de financement (voire debâtiments) qui en découlent, sont des freins économiques très importants.

Ces problèmes seront précisés dans une étude ultérieure, mais une meilleure connaissance du système traditionnel témoin était nécessaire pour l'aborder. C'est pourquoi l'étude ainsi entreprise est poursuivie par le Centre d'Economie Rurale du Cantal, qui a mis en place, à la suite de notre étude et en liaison avec nous, des observations économiques globales dans un groupe d'exploitations de grande dimension (plus de 30 ha) pratiquant ce système d'élevage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

G. GINESTE : mémoire de fin d'étude. Département de Sciences Economiques E.N.S.S.A.A. - DIJON, 1969.

TITRES ET SOMMAIRE D'ARTICLES DE CHERCHEURS DU CENTRE

COMBE Etiennette, GORDON H.A. :

Bidirectional permeation of water and amino acids in the cecum of germfree rats.
Germ-free Biology (Plenum Press, 1969).

VERMOREL M. :

Utilisation énergétique par le rat en croissance d'un maïs hybride « Opaque 2 » composant un régime équilibré en acides aminés.
C.R. Acad. Sc. Paris, 1969, 268, 834-837.

En utilisant les méthodes décrites dans une étude précédente, l'auteur a étudié l'utilisation énergétique par des rats en croissance (70 et 110 g) d'un maïs hybride provenant du croisement entre une lignée normale et une souche « Opaque 2 ». Les protéines de cet hybride sont mieux équilibrées en acides aminés (en particulier en lysine). Les mesures effectuées par calorimétrie indirecte ont mis en évidence une valeur énergétique de cet hybride légèrement supérieure et une utilisation des matières azotées, très supérieure à celles du maïs normal.

ARNAL M., FAUCONNEAU G., PECH Renée :

Etude de l'activité métabolique de divers tissus du rat en croissance à l'aide de la L-lysine ^{14}C (U).
C.R.Séanc. Soc. Biol., 1969, 163 (2), 393.

PION R., FAUCONNEAU G. :

Composition et valeur nutritive du blé.
Bull. Techn. Inf., 1969, 224, 905-913.

Le blé a une très haute teneur en amidon et peut de ce fait être considéré comme un excellent aliment énergétique pour le monogastrique. En outre, en ce qui concerne le porc, le blé est une source importante de protéines, s'il est bien supplémenté, principalement en lysine ou en protéines riches en lysine. Dans le but de réaliser de telles supplémentations efficaces, sa teneur en acides aminés peut être estimée avec assez d'exactitude à partir de sa teneur azotée.

PAWLAK M., PION R. :

Les concentrations en acides aminés libres des tissus sanguin et musculaire comme critère de la valeur nutritive des protéines.
Journée de la Recherche Porcine en France - I.N.R.A.-I.T.P., Paris, 1969.

PION R., RERAT A. :

Influence de la supplémentation en lysine des protéines du tournesol sur l'évolution de l'aminoacidémie porte du porc au cours de leur digestion.
Journée de la Recherche Porcine en France - I.N.R.A.-I.T.P., Paris, 1969.

CHAMPREDON C., PION R., FAUCONNEAU G. :

L'aminoacidémie libre des bovins. Variations au cours de la journée.
C.R. Acad. Sc. Paris, 1969, 269, 2029-2032.

Les concentrations sanguines en acides aminés libres peuvent constituer un critère de l'état de nutrition azotée des animaux. Leur étude a été effectuée sur des vaches laitières recevant une ration dont le complément azoté était constitué selon le groupe d'animaux par de l'urée ou du tourteau d'arachide. Contrairement à ce qui a été observé chez les monogastriques soumis à des repas, L'amino-acidémie libre du ruminant varie relativement peu au cours de la journée.

CHAMPREDON C., PION R. :

Acides aminés libres du sang et état de nutrition azotée des ruminants.
C.R. des Journées de l'Association Française de Zootechnie, 16-18 décembre 1969.

CHAMPREDON C., PION R., FAUCONNEAU G. :

L'aminoacidémie libre des chèvres. Variations avec le régime.
C.R. Séanc. Soc. Biol., 1969, 163 (11), 2319.

PION R., PAWLAK M. :

Free amino acids contents in blood and muscles as a result of the essential amino acids content of the diet; estimation of the availability of amino acids from dietary proteins.
Wissenschaft. Ztschr. Univer. Rostock, 1969, 18, 117-120.

Les résultats font apparaitre que la lysine libre et la thréonine libre sont capables de s'accumuler dans le sang et le muscle quand leurs teneurs dans la ration sont plus élevées que les besoins des animaux. Leurs concentrations dans ces tissus sont aussi en relation avec les quantités provenant du tube digestif quand leurs teneurs dans la ration ne sont pas capables de couvrir les besoins des animaux. Les différences entre les teneurs en thréonine ou en lysine libre du muscle des rats recevant un régime contenant différentes quantités de ces acides aminés sont plus élevées que celles qui sont observées dans le sang. Ainsi, au moins dans le cas de la lysine ou de la thréonine, la mesure des teneurs en acides aminés libres du muscle peut être une méthode très sensible pour estimer les quantités qui sont disponibles pour l'animal.

CHARPENTIER J., FROUIN A. :

Coloration du jambon et rendement technologique
Journée de la Recherche Porcine en France - I.N.R.A. - I.T.P., Paris, 1969.

MONIN G., CHARPENTIER J. :

Relation entre l'activité thyroïdienne du porc et quelques caractéristiques physico-chimiques du tissu musculaire post mortem.

Journées de la Recherche Porcine en France - I.N.R.A. - I.T.P., Paris, 1969.

BOCCARD R., DUMONT B.L., SCHMITT O. :

Relation entre la conformation des carcasses et les caractéristiques de la musculature.
Bull. Acad. Vét., 1969, 42.

SALE P. :

Augmentation de la conductivité électrique des viandes consécutive au processus de congélation-décongélation.

C.R. Acad. Sci. Paris, Série D, 1969, 269, 2136-2139.

Le processus de décongélation des viandes entraîne une forte augmentation de leur conductivité électrique, plus importante dans la direction perpendiculaire aux fibres musculaires que pour celle parallèle. Cette augmentation qui résulte d'un accroissement de la mobilité des porteurs de charges est liée aux modifications apportées par la cristallisation de l'eau aux structures du muscle.

SELLIER P., BOCCARD R. :

Développement musculaire et taux d'hydroxyproline du muscle dans les races porcines Large White et Piétrain.
Ann. Génét. Select. Anim., 1969, 1, 179-

LAMAND M. :

Dosage du sélénium dans les produits biologiques et mélanges minéraux alimentaires.
Ann. Fals. Exp. Chim., 1969, 1, 4-12

Ce dosage utilise la fluorescence émise par le piazselénole formé par le selenium à sa valence 4 avec le 2-3 Diaminonaphtalène. Le dosage fluorimétrique a une sensibilité suffisante pour les échantillons carencés (détection $< 0{,}01$ ppm). Le diaminonaphtalène est le réactif le plus sensible; stable, il peut être purifié au laboratoire.

LAMAND M. :

Lésions biochimiques dans la myopathie du veau par carence en sélénium.
C.R. Acad. Sci., Série D, 1970, 270, 417-420.

Les carences en vitamine E ou en sélénium produisent toutes deux une myopathie clinique chez le veau. La carence en sélénium s'accompagne d'une élévation plasmatique de l'acide α -cétoglutarique. L'acide pyruvique augmente peu tandis que l'acide lactique, dérivé du présent, s'élève significativement dans le plasma des malades. Ces lésions biochimiques semblent indiquer un blocage de l'oxydation de ces acides céto. Elles ne se retrouvent pas dans la carence en vitamine E. Les paramètres cinétiques de

Michaelis de la lipoyldeshydrogénase, extraite de coeurs de malades carencés en sélénium, ne sont pas modifiés *in vitro*. Le rôle du sélénium dans la décarboxylation oxydative de l'acide pyruvique ou α -cétoglutarique reste à préciser.

LAMAND M. :

Expansion de la myopathie en France en liaison avec la carence en sélénium des fourrages.
C.R. Acad. Agric., 1970 (sous presse).

La majorité des fourrages français étudiés sont carencés en sélénium. La T.G.O. permet de déceler précocement la myopathie à son stade subclinique. Une prophylaxie peut alors être instaurée avant l'apparition des pertes économiques : l'addition de sélénium au sol doit être exclue en raison de ses dangers; l'incorporation aux mélanges minéraux est un moyen intéressant qui devrait être autorisé dans l'avenir. L'injection de sélénium aux jeunes reste la seule prophylaxie dont disposent les éleveurs.

PERIGAUD S., LAMAND M. :

Les maladies de carence des ruminants en oligoéléments. Relations avec les types de sol.
Le trait d'union, 1969, 32 (1).

Sauf en ce qui concerne la myopathie des veaux, les carences en oligoéléments sur ruminants n'ont pratiquement pas été étudiées en France jusqu'à présent. D'observations sporadiques, et d'une première enquête, il ressort cependant que de tels désordres existent, les plus répandus paraissant être les carences en cuivre, primaires ou induites par le molybdène. Elles doivent normalement tendre à augmenter dans la mesure où les niveaux de production recherchés sont de plus en plus élevés, avec des animaux de plus en plus exigeants.

Bien que des traitements existent, il est plus simple et moins coûteux d'agir préventivement. Ceci est d'autant plus évident que le diagnostic de carence sur un animal malade pris isolèment est extrêmement difficile à faire : il faut la conjonction de certains symptômes précis, de résultats d'analyse et d'une situation géographique dans une «aire de carence» connue pour qu'un praticien puisse raisonnablement penser aux oligoéléments... et traiter en conséquence !

Dans les cas où la carence n'est pas inhérente à la trop grande pauvreté du sol, de bonnes techniques de production et de récolte de l'herbe améliorent nettement la situation. Mais la complexité des facteurs qui entrent en jeu dans la libération ou le maintien des oligoéléments du sol sous une forme assimilable, fait qu'il n'est pas possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de prévoir partout s'il doit y avoir carence ou non.

La complémentation minérale convenable et systématique de l'animal reste la solution de prévention la plus simple. Elle est impérative dans les «aires géographiques de carence» dont les limites, plus ou moins soupçonnées, sont actuellement en cours d'études.

FEBVRE P., BEX J.F., THIVEND P., AIACHE J.M. :

Etude de la salicylémie *in vivo* chez le veau préruminant, après administration de divers types de comprimés d'aspirine.
C.R. Soc. Biol. 1970, 164, 121-124.

BERANGER C., MALTERRE C. :

Influence d'un stéroïde triénique à activité anabolisante sur l'engraissement des vaches taries.
C.R. Soc. Biol., 1969, 162, 1157-1174.

THIVEND P., MERCIER C., GUILBOT A. :

Determination of starch with glucamylase in Methods of Carbohydrate chemistry, Vol. VI.
ACADEMIC PRESS, NEW YORK.

ANDRIEU J. :

Evolution entre la floraison et la maturité, de la composition morphologique - chimique du maïs et de la production de matière sèche par hectare.
C.R. des journées sur le maïs fourrage, Theix, 24-25 Avril 1969. Publié par l'I.T.E.B. p. 21-36.

ANDRIEU J. :

Valeur alimentaire du maïs déshydraté pour la production laitière.
C.R. des journées sur le maïs fourrage, THEIX, 24-25 Avril 1969. Publié par l'I.T.E.B. p. 113-118.

ANDRIEU J. :

Evolution de la composition morphologique du maïs et de la production de matière sèche par hectare entre la floraison et la maturité.
Journées de l'A.F.Z., Décembre 1969, Tome II, Communication 27.

ANDRIEU J., DEMARQUILLY C. :

Valeur alimentaire pour le ruminant des céréales immatures.
Entreprise Agricole, 1969, n° 1602, 23-30.

BERANGER C., JARRIGE R. :

Engraissement des boeufs au pâturage.
Journées de l'A.F.Z., 1969, Tome II, Communication 35.

DECEAN C. :

Evolution de la production de lait et de matières grasses au cours des deux premiers mois de la lactation.
Journées A.F.Z., 1969, Tome II, Communication 40.

DEMARQUILLY C., PAQUET J., ANDRIEU J. :

Les céréales immatures.
Bulletin Technique d'Information, 1969, n° 244 (spécial), 885-904.

DEMARQUILLY C. :

Valeur alimentaire du maïs fourrage.
C.R. Journées sur le maïs fourrage. THEIX, 24-25 Avril 1969. Publié par l'I.T.E.B. p. 39-50.

DEMARQUILLY C. :

Les ensilages de céréales immatures.
Journées A.F.Z., 1969, Tome II, Communication 21.

GEAY Y., BERANGER C. :

Influence du niveau énergétique de la ration sur l'état d'engraissement des carcasses de taurillons de différentes races.
Journées A.F.Z., 1969, Tome II, Communication 34.

HODEN A., JOURNET M. :

C.R. de l'essai préparation au vêlage effectué en liaison avec les Maisons d'Elevage. Classement P1 - BOV. L. - 36

JOURNET M. :

Utilisation des fourrages déshydratés par les vaches laitières.
Journées A.F.Z., 1969, Tome II, Communication 37.

JOURNET M., HODEN A. :

Niveau d'alimentation et croissance optimum des génisses laitières.
C.R. des journées sur l'élevage des génisses. THEIX 20-22 Mai 1969. Publié par l'I.T.E.B.,p. 32.

JOURNET M., HODEN A., VERITE R. :

Utilisation de l'ensilage de maïs par les vaches laitières.
C.R. des journées sur le maïs fourrage, THEIX 24-25 Avril 1969. Publié par l'I.T.E.B. p. 70.

MALTERRE C., BERANGER C. :

Engraissement des vaches laitières réformées.
Journées A.F.Z. décembre 1969, Tome II, Communication 36.

PETIT M. :

Allaitement de deux veaux par vache.
Journées A.F.Z. décembre 1969, Tome II, Communication 41.

THIVEND P. :

Le blé dans l'alimentation du ruminant.

Bulletin Technique d'Information, 1969, 244, 935-940.

Le blé est peu utilisé dans l'alimentation du ruminant à cause de son prix élevé et des accidents digestifs qu'il peut provoquer. Cependant, lorsqu'il est distribué dans certaines conditions, il permet d'obtenir des résultats équivalents (et parfois même supérieurs) à ceux que l'on obtient avec l'orge, le maïs ou le sorgho. Le blé peut être utilisé de la même façon que les autres céréales, à condition d'adapter les animaux à leur nouveau régime au cours d'une période de transition de deux semaines. Il doit être distribué, soit sous forme de mouture grossière, soit sous forme aplatie, soit sous forme broyée et agglomérée. Enfin, le pourcentage de cellulose brute du régime devra être supérieur à 13-15 % pour éviter les troubles digestifs ou métaboliques.

THIVEND P., BERANGER C. :

Traitement des céréales et engraissement des taurillons.
Journées A.F.Z. décembre 1969, Tome II, Communication 33.

TOULLEC R. :

Utilisation des aliments pour la production de veaux à l'engrais de poids élevé.
Journées A.F.Z. décembre 1969, Tome II, Communication 40 bis.

THERIEZ M., MOLENAT G. :

Allaitement artificiel de l'agneau.
Journées A.F.Z. décembre 1969, Tome II, Communication 38.

WEISS P., DEMARQUILLY C. :

Tables de la valeur alimentaire des fourrages.
Journées A.F.Z. décembre 1969, Tome II, Communication 32.

Editions S . E . I .

I . N . R . A .

C.N.R.A. Route de Saint-Cyr

78 - Versailles